



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TABAÍ –RS**

Thaís Isabel Rodrigues

Lajeado, dezembro de 2016

Thaís Isabel Rodrigues

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TABAÍ –RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso Etapa II, do Curso de Engenharia Ambiental, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, do Centro Universitário Univates, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharela em Engenharia Ambiental.

Orientador: Flávio Aguiar Folletto

Lajeado, dezembro de 2016

Thaís Isabel Rodrigues

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE TABAÍ –RS

A Banca examinadora abaixo aprova o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso Etapa II, na linha de formação específica em Engenharia Ambiental, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Ambiental:

Prof. Flávio Aguiar Folletto – Orientador

Centro Universitário Univates

Prof. Rafael Rodrigo Eckhardt - Avaliador

Centro Universitário Univates

Prof. Marcelo Kronbauer - Avaliador

Centro Universitário Univates

Lajeado, dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Maria, pelo exemplo e dedicação aos estudos. Ao meu pai José, pelos valores e educação. Ao meu irmão Tiago, pelo companheirismo, ao meu irmão Diogo, por me permitir ver a vida sob outra perspectiva e a minha irmã Laís, por todo amor.

Ao professor Flávio Aguiar Folleto, pela imensurável paciência, sugestões e orientações durante as aulas e elaboração deste estudo.

Aos demais professores da Univates que muitas vezes além de partilhar conhecimento técnico transmitem ensinamentos para a vida

A todos envolvidos na construção deste projeto, trabalhadores e empreendedores de carvão vegetal do município de Tabai. Aos amigos e familiares que colaboraram para que este estudo se tornasse possível. .

Aos colegas de graduação, pelas trocas de conhecimento e auxílio no decorrer da trajetória acadêmica.

Agradecimento especial a minha avó Julieta, Tia Rosa, Túlio e família, Dona Iracema e Mauro. O apoio de vocês possibilitou a realização deste sonho.

Aos amigos, em especial Vagner e Aline, pela compreensão e torcida, que foram fundamentais, ao longo desta etapa.

RESUMO

O carvão vegetal é muito utilizado na indústria siderúrgica, metalúrgica e em residências. Além disso, é uma importante fonte de renda para pequenos agricultores. Grande parte da produção ainda ocorre de forma rudimentar, sem licença ambiental e controle dos gases poluentes emitidos durante o processo de produção. Dessa forma, o ambiente e os trabalhadores ficam expostos por longos períodos aos gases tóxicos emitidos pelos fornos. Outras problemáticas envolvem esta atividade, como por exemplo, a possível utilização de madeiras de espécies nativas de forma ilegal e a inserção de monoculturas para uso no processo produtivo. O município de Tabaí é um dos destaques na produção de carvão vegetal no Estado do Rio Grande do Sul, portanto, o presente estudo tem como objetivo realizar o diagnóstico ambiental da produção de carvão vegetal no município, espacializando as unidades produtoras, identificando e quantificando as matérias primas utilizadas, estimando as emissões de poluentes atmosféricos e propondo sistemas que auxiliem na redução dos lançamentos, além de relacionar possíveis reflexos sobre a saúde dos trabalhadores nesta atividade. A metodologia deste trabalho consistiu na aplicação *in loco* de um formulário junto aos trabalhadores. Foram visitadas 5 carvoarias, contabilizando 20 entrevistados. As informações obtidas neste formulário fomentaram o estudo, permitindo quantificar a ocorrência de sintomas/doenças, entre os trabalhadores, quantidade e tipo de madeira utilizada, volume de carvão vegetal produzido e quais medidas adotadas para redução das emissões atmosféricas. A partir da metodologia proposta, os resultados demonstram que a maioria dos fornos está situada na região sudeste do município. As 5 carvoarias visitadas estão a menos de 500 metros de residências e há 2 empreendimentos situados em Área de Preservação Permanente - APP. A matéria prima utilizada na produção de carvão vegetal é acácia negra (*Acácia mearnsii*), totalizando 1.044 m³ mensais. Para o quesito saúde foram relatados 2 casos de rinite alérgica em trabalhadores. Estima-se que mensalmente sejam emitidos cerca de 49,41 toneladas de monóxido de carbono, 142,41 toneladas de dióxido de carbono, 3,66 toneladas de metano e 0,61 toneladas de etano. A produção anual de carvão vegetal no município ultrapassa 1000 toneladas, fomentando a economia e agricultura familiar. Todos os fornos estão localizados em zona rural, é necessária a utilização de Equipamentos de Proteção Individual - EPI nesta atividade, e é imprescindível a implantação de sistemas eficazes que auxiliem na redução de emissões atmosféricas.

Palavras-chave: Carvão vegetal. Emissões atmosféricas. Geoprocessamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de carvão vegetal proveniente da silvicultura no Rio Grande do Sul, em 2011	21
Figura 2 – Forno do tipo encosta	25
Figura 3 – Forno do tipo rabo quente	26
Figura 4 – Fornos retangulares	27
Figura 5 – Vista lateral do sistema forno fornalha	35
Figura 6 – Sistema de coleta de líquido pirolenhoso.....	38
Figura 7 – Adaptação de um forno para geração de líquido pirolenhoso.....	39
Figura 8 – Forno com cano coletor e detalhe do cano coletor.....	40
Figura 9 – Proporção dos subprodutos no vasilhame de decantação	41
Figura 10 – Mapa de localização do município de Tabai.....	49
Figura 11 – Visita a carvoaria.....	53
Figura 12 – Localização das carvoarias no município de Tabai – RS.....	59
Figura 13 – Área de entorno às carvoarias	61
Figura 14 – Esforço físico realizado por trabalhadores	65
Figura 15 – Trabalhador sem uso de EPI's	66
Figura 16 – Uso de chaminé e presença de cortina vegetal.....	69
Figura 17 – Fornos sem chaminé.....	70
Figura 18 – Extravasamento de líquido na chaminé.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo nacional de carvão vegetal proveniente de florestas nativas e árvores plantadas no período de 2006 – 2014.....	18
Gráfico 2 – Composição da área de árvores plantadas por segmento em 2014	19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases de degradação da madeira.....	22
Quadro 2 – Elementos volatizados emitidos na queima de biomassa e seus possíveis efeitos na saúde humana	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de carvão vegetal (tonelada equivalente de petróleo) por setor	20
Tabela 2 – Geração de produtos orgânicos durante o processo de carbonização.....	37
Tabela 3 – Aspectos analisados no formulário aplicado	52
Tabela 4 – Emissão de gases para a produção de uma tonelada de carvão	56
Tabela 5 – Identificação das carvoarias.....	58
Tabela 6 – Critérios analisados referente a Resolução CONSEMA n° 315/2016.....	60
Tabela 7 – Produtos da silvicultura em Tabai, 2014 – Carvão vegetal	63
Tabela 8 – Identificação e quantificação da matéria prima utilizada na produção de carvão vegetal em Tabai	63
Tabela 9 – Caracterização dos trabalhadores na produção de carvão vegetal.....	65
Tabela 10 – Manifestações respiratórias das vias aéreas superiores e das vias aéreas inferiores	67
Tabela 11 – Estimativa da emissão de gases (ton/mês) provenientes da produção vegetal no município de Tabai.....	68
Tabela 12 – Medidas adotadas para redução da emissão de gases.....	69
Tabela 13 – Avaliação do sistema forno fornalha e coleta de líquido pirolenhoso.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
BEN	Balanço Energético Nacional
C ₂ H ₆	Etano
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CGEE	Centro de Gestão de Estudos Estratégicos
CH ₄	Metano
cm	Centímetro
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DOF	Documento de Origem Florestal
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Roessler
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico
Kg	Quilograma
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
m	Metro
m ³	Metro cúbico
MDC	Metro de Cravão
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PEVS	Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura
PIB	Produto Interno Bruto
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
PNMC	Plano Nacional sobre Mudança do Clima
PQM	Padrões Mínimos de Qualidade

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SR	Sensoriamento Remoto
SSA	Secretaria de Agricultura e Abastecimento
st	Estéreo
ton.	Toneladas

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE GRÁFICOS	6
LISTA DE QUADROS.....	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Carvão Vegetal.....	17
3.2 Contexto econômico do carvão vegetal.....	18
3.3 Processo de transformação da madeira para carvão vegetal	21
3.4 Métodos de Produção	23
3.4.1 Fornos de encosta	24
3.4.2 Fornos de Rabo Quente.....	25
3.4.3 Fornos retangulares.....	27
3.5 Impactos decorrente da produção de carvão vegetal	28
3.5.1 Desmatamento e monocultura	29
3.5.2 Emissões atmosféricas pela produção de carvão vegetal	30
3.5.3 Impactos relacionados à saúde humana	32
3.6 Sistemas de redução de emissões atmosféricas para a produção de carvão vegetal...	33

3.6.1 Sistema forno fornalha.....	34
3.6.2 Coleta de líquido pirolenhoso	36
3.7 Licenciamento ambiental	42
3.7.1 Legislações aplicadas à produção de carvão vegetal	43
3.7 Geoprocessamento aplicado ao licenciamento ambiental.....	47
3.8 Área de estudo.....	48
 4 METODOLOGIA.....	 51
4.1 Espacialização das carvoarias	53
4.2 Identificação e quantificação da matéria prima utilizada	55
4.3 Avaliação da ocorrência de sintomas e doenças	55
4.4 Estimar as emissões atmosféricas.....	56
4.5 Proposta para redução das emissões atmosféricas	57
 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	 58
5.1 Localização das carvoarias no município de Tabai.....	59
5.2 Procedência, identificação e quantificação das matérias primas utilizadas	62
5.3 Avaliação de sintomas e doenças decorrentes da atividade produtora de carvão vegetal.....	64
5.4 Estimativa de emissão de gases poluentes e proposta de redução das emissões atmosféricas.....	68
 6 CONCLUSÃO.....	 73
 REFERÊNCIAS	 74
 APÊNDICE A – Formulário aplicado aos trabalhadores da produção de carvão vegetal no município de Tabai.....	 86

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas diante a preocupação com a escassez dos recursos naturais, a utilização de fontes renováveis de energia tem se tornado cada vez mais expressiva. Dentre elas a madeira é um grande atrativo, pois é uma alternativa que permite estabilidade ao abastecimento de insumos para diversos setores, como o agroindustrial (LUCENA et al., 2014).

O carvão vegetal proveniente da queima parcial da madeira é utilizado para diversos fins, no setor siderúrgico, metalúrgico e em residências. Há diferentes métodos de produção, desde fornos mais simples de alvenaria até fornos metálicos equipados com tecnologias que permitem maior produtividade. No Brasil, a maior parte da produção de carvão vegetal é proveniente de fornos rudimentares, que emitem gases poluentes para a atmosfera.

Os impactos ambientais relacionados à produção de carvão envolvem o desmatamento, a inserção de monoculturas, emissões atmosféricas e geração de resíduos sólidos (FIGUEIRA, 2012). A saúde humana também pode sofrer com esta prática, uma vez que alguns gases emitidos durante o processo de fabricação do carvão vegetal são tóxicos. Indivíduos expostos a esta situação podem apresentar sintomas e até mesmo doenças provenientes da inalação destes gases (SOUZA et al., 2010). Entretanto, alguns sistemas podem minimizar alguns impactos, como as emissões atmosféricas, decorrentes desta atividade, como a condensação dos gases e coleta do líquido pirolenhoso, ou a implantação do forno fornalha.

O licenciamento desta atividade é utilizado para gestão dos impactos ambientais provenientes da atividade produtora de carvão vegetal. No processo de licenciamento

ambiental são analisadas questões referentes à localização, instalação operação e possíveis ampliações dos empreendimentos passíveis de degradação ou poluição ambiental. Algumas ferramentas auxiliam os técnicos na gestão desta atividade, como o geoprocessamento.

O geoprocessamento é uma tecnologia multidisciplinar que envolve o processamento de dados geográficos a partir de equipamentos, programas, processos, entidades, dados, e metodologias para coleta, tratamento e análise, permitindo apresentar informações georreferenciadas na forma de mapas (ROCHA et al., 2002). O geoprocessamento auxilia na tomada de decisões referente ao planejamento urbano, análise de recursos naturais, agricultura e transportes (LACERDA, 2010).

De acordo com o Plano Municipal de Educação de Tabaí (2015) a economia do município de Tabá baseia-se na agricultura, com plantações de melancia, hortifrutes, criação de suínos, avicultura, cultivo de eucalipto e acácia, e produção de carvão vegetal. O município é um dos destaques na produção de carvão vegetal no Estado do Rio Grande do Sul (MANDAIL; SIMA, 2011).

Diante deste contexto o presente trabalho visa realizar o diagnóstico ambiental da produção de carvão vegetal no município de Tabá avaliando a localização, as distintas etapas de produção, estimando as emissões atmosféricas, propondo um sistema de gestão, além de verificar os possíveis impactos a saúde do trabalhador.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa realizar o diagnóstico ambiental da produção de carvão vegetal no município de Tabai – RS.

2.2 Objetivos Específicos

- Espacializar as unidades produtoras de carvão vegetal no município de Tabai;
- Identificar e quantificar as matérias primas utilizadas, além de sua procedência;
- Qualificar e estimar as emissões atmosféricas geradas pelo processo de produção;
- Avaliar a ocorrência de sintomas e doenças relacionados à atividade produtora de carvão vegetal;
- Propor um sistema de redução das emissões atmosféricas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Carvão Vegetal

Juvillar (1980, apud SANTOS; HATAKEYANA, 2012) relata que desde a era primitiva o homem utilizava pedaços de madeira em chamas para seu aquecimento e iluminação, entre outras funções. Este, não tardou a perceber que a madeira queimada, friável e de coloração preta não gerava chama, e nem tanta fumaça, fornecendo calor de forma mais controlável em relação à queima direta da madeira. Este evento, marca a descoberta do carvão vegetal e seu uso como combustível.

Um dos motivos para a utilização da madeira como fonte de energia é o fato desta ser renovável, permitindo diversificar a matriz energética e reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis (CARDOSO, 2012). A existência em abundância de florestas nativas no país acabou sendo um incentivo para a produção de carvão vegetal (IMÃNA et al., 2015).

A composição primária da madeira corresponde a 44% de oxigênio, 6% de hidrogênio 50% de carbono. A carbonização ocorre por meio de processos aplicados a estes três componentes (NETO; OLIVEIRA; PAES, 2014). A parede celular da madeira, em sua composição química é constituída principalmente por celulose, lignina e poliose (BRAND; MUÑIS, 2012). A madeira é constituída por diversas células, que desempenham funções específicas, sendo sua composição heterogênea. (REIS et al., 2012).

Os compostos secundários da madeira são orgânicos, caracterizados como extrativos, e inorgânicos, correspondendo as cinzas formadas por sais minerais, que participam da nutrição

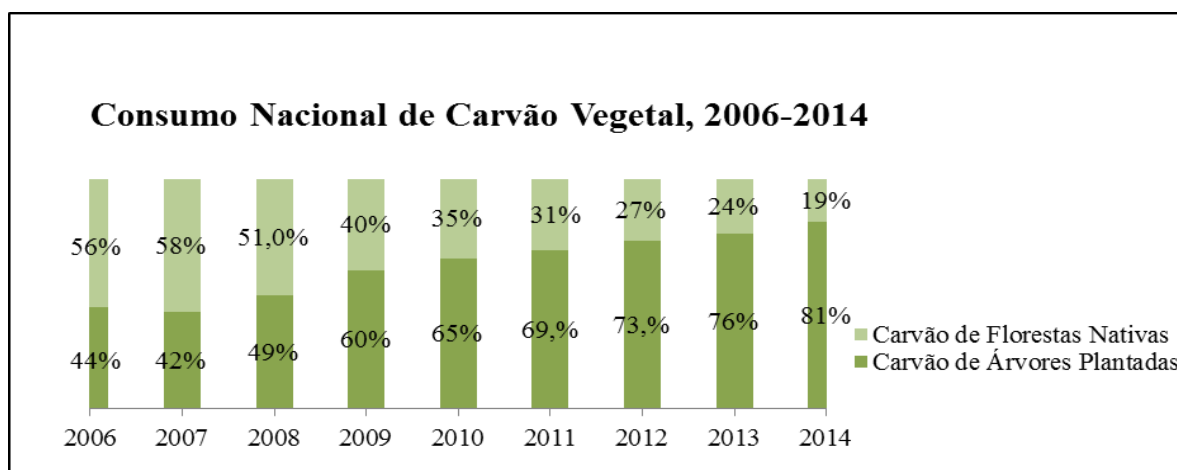
da planta. As cinzas são os resíduos que restam após a combustão completa da biomassa (BRAND; MUÑIS, 2012).

3.2 Contexto econômico do carvão vegetal

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, sendo boa parte desta produção consumida no próprio país (OLIVEIRA et al., 2014). Conforme Mota (2013), a principal espécie cultivada no país para fins industriais é o eucalipto (*Eucalyptus*). Na última década o Brasil aumentou a área de plantio florestal. Vários fatores colaboraram para este fato, como políticas incentivadoras, linhas de financiamento e crédito também a crescente demanda de madeira e a variedade de aplicação deste produto no mercado.

De acordo com o Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE, a produção de carvão que provém da extração vegetal e da silvicultura, no ano de 2014, atingiu 7.240.387 toneladas. Destas, 6.219.325 toneladas provêm da silvicultura, representando 85,9 % do total produzido e um aumento de 11,4 % em relação ao ano anterior. Com relação á produção de carvão a partir da extração vegetal, esta foi responsável por 14,1 % ou ainda, 1.021.062 toneladas do total produzido (IBGE, 2015). No **Gráfico 1**, observa-se o consumo de carvão vegetal proveniente de florestas nativas e árvores plantadas, no período de 2006 a 2014.

Gráfico 1 – Consumo nacional de carvão vegetal proveniente de florestas nativas e árvores plantadas no período de 2006 – 2014



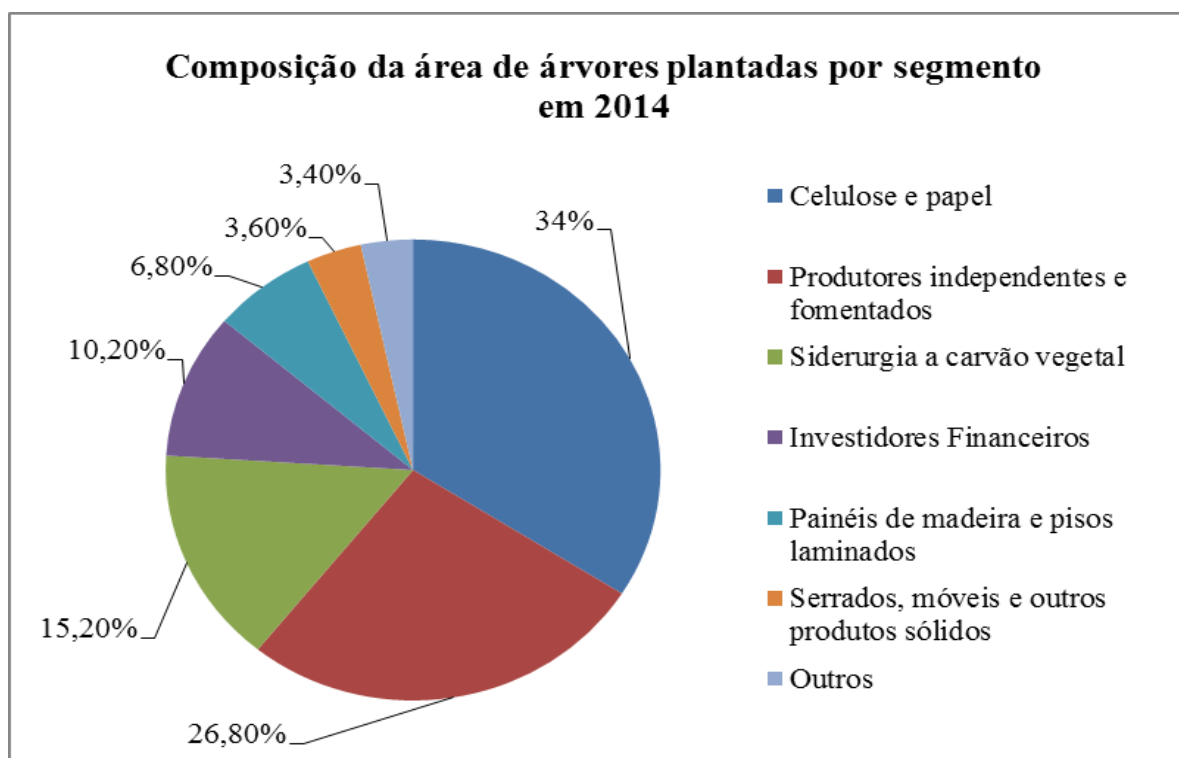
Fonte: Adaptado pela autora com base em IBA (2015).

O relatório estatístico anual elaborado pela Indústria Brasileira de Árvores -IBA, descreve que no ano de 2014, haviam 7,74 milhões de hectares plantados em todo o Brasil. Deste montante 5,56 milhões de hectares são de eucalipto (representando 71,9 % do total), 1,59 milhões de hectares são de pinus (representando 20,7 % do total). Outras espécies plantadas foram: Acácia, Teca, Seringueira e Paricá (IBA, 2015).

Os destaques para a silvicultura são os Estados de Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Bahia, responsáveis por 96,3 % do total produzido no país. Somente Minas Gerais contabiliza 83,6% deste montante. Os Estados que detêm a maior produção de carvão vegetal oriundo da extração vegetal são Maranhão, Mato Grosso do Sul, Piauí, Tocantins e Bahia (IBGE, 2015).

O carvão vegetal é uma fonte energética muito utilizada na indústria siderúrgica brasileira. No ano de 2014 o consumo atingiu 5,30 milhões de toneladas. Deste montante 4,29 milhões de toneladas provém de árvores plantadas (IBA, 2015). No **Gráfico 2** é possível observar quanto de área e para quais segmentos foi destinado o plantio de árvores no ano de 2014, inclusive a siderurgia a carvão vegetal.

Gráfico 2 – Composição da área de árvores plantadas por segmento em 2014



Fonte: Adaptado pela autora com base em IBA (2015).

Grande parte da produção de carvão vegetal é direcionada principalmente para a fabricação de ferro-gusa e aço, correspondendo a 72% do carvão vegetal produzido (OLIVEIRA et al., 2013). Como não possui enxofre em sua composição, confere melhor qualidade ao ferro-gusa e aço (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008). O carvão vegetal também é utilizado para cocção de alimentos, lareiras, termoelétricas, purificação de água e bebida, filtro de máscara contra gases, indústria farmacêutica, entre outros (JUNIOR et al., 2014).

O Balanço Energético Nacional – BEN, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, apresenta os diferentes usos do carvão vegetal no país, no intervalo de 2007 a 2014. Como demonstra a **Tabela 1**, a seguir.

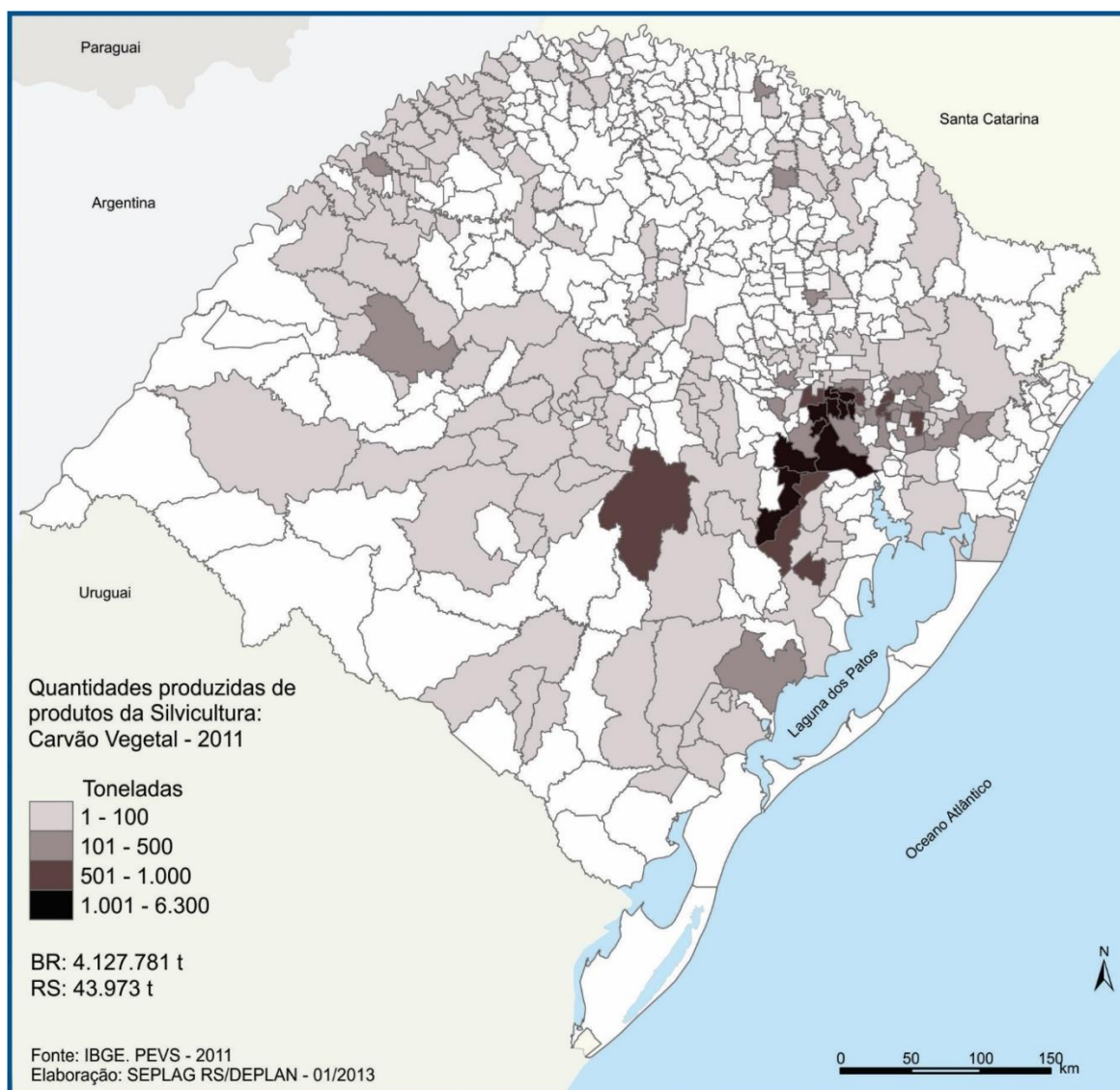
Tabela 1 – Consumo de carvão vegetal (tonelada equivalente de petróleo) por setor

Setor	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Comercial	73	78	78	86	92	90	90	91
Residencial	517	531	584	509	483	478	402	478
Agropecuário	7	7	7	8	7	7	8	8
Industrial	5.649	5.593	3.301	4.045	4.220	4.022	3.661	3.386
Industrial - Cimento	222	249	55	63	178	142	128	122
Industrial - Ferro-gusa e Aço	4.775	4.679	2.724	3.372	3.492	3.338	3.021	2.783
Industrial - Ferroligas	715	730	564	660	592	580	544	506
Industrial - Química	17	17	18	20	20	19	19	18
Industrial - Não Ferrosos e Outros da Metalurgia	9	9	8	9	9	10	11	14
Industrial – Outras Indústrias	11	11	11	12	13	13	13	13

Fonte: Adaptado pela autora com base em BEN (2015).

No estado do Rio Grande do Sul, a produção de carvão vegetal envolve mais de 30 mil produtores rurais, concentrados principalmente nas regiões do Vale do Caí, Vale do Taquari e em algumas áreas do Baixo Jacuí. Os municípios com maior destaque são: Brochier, Paverama, Poços das Antas, Maratá, Butiá, São José do Sul, Tabai e Triunfo. A utilização do carvão para uso doméstico é crescente, principalmente para preparo do churrasco. Praticamente toda a produção do estado é originária de plantações de eucalipto (*Eucalytus*) e acácia negra (*Acácia mearnsii*) (MANDAIL; SIMA, 2011). Na **Figura 1**, é possível observar a produção de carvão vegetal no estado do Rio Grande do Sul, para o ano de 2011.

Figura 1 – Produção de carvão vegetal proveniente da silvicultura no Rio Grande do Sul, em 2011



Fonte: IBGE (2011).

3.3 Processo de transformação da madeira para carvão vegetal

O processo de transformação da madeira a carvão vegetal ocorre em diferentes etapas. Conforme Figueroa e Moraes (2009), a degradação térmica da biomassa pode ser dividida em cinco fases. O **Quadro 1** demonstra as fases de degradação da madeira.

Quadro 1 – Fases de degradação da madeira

Fase	Temperatura	Fenômeno
I	Até 200 °C	-Processo denominado pirólise lenta; -Liberação de vapor e gases; -A madeira não se igniza; -Existência de algumas reações exotérmicas de oxidação; -Mudança de cor.
II	200 até 280 °C	-Aumento de reação química e eliminação de gases; -Ocorrência de reações exotérmicas primárias sem inflamação; -Temperatura considerada como a temperatura de ignição; -Fase conhecida como pirólise rápida.
III	280 até 380 °C	-Produção de grandes quantidades de destilados, principalmente ácidos acéticos e metanol; -Geração de carvão vegetal, como resíduo. Este ainda apresenta compostos volatizáveis em sua estrutura; -Fase exotérmica;
IV	380 até 500 °C	-Redução da emissão de gases; -Produção de ácido acético, metanol, alcatrão e diversas substâncias gasosas condensáveis; -A perda de massa é da ordem de 70% em relação à massa original; -Fase exotérmica.
V	Acima de 500 °C	-Término da carbonização e início da gaseificação do carvão; -O carvão é o resíduo principal; -No interior da madeira permanece a temperatura das fases I, II e III

Fonte: Figueroa e Moraes (2009).

Durante o processo de fabricação do carvão vegetal, as temperaturas de carbonização são fatores determinantes. Pois ela interfere no peso do metro cúbico e no teor de carbono fixo do carvão produzido. Se o processo de fabricação ocorre em temperatura muito alta, o carvão produzido terá muito carbono fixo, porém será tão frágil e miúdo que sua utilização não será adequada para determinadas situações (VALE et al., 2010).

Brito e Barrichello (1981, apud CEMIN, 2010), descreve que o carvão vegetal pode ser classificado de acordo com seu uso. Os principais usos e suas características são:

Carvão doméstico: apresenta baixa resistência, deve ser inflamável, e produzir pouca fumaça durante a queima. A composição química não é relevante, geralmente é obtido entre 350 e 400°C.

Carvão para uso na metalurgia: Deve apresentar alta densidade, boa resistência e baixa friabilidade. Precisa apresentar baixo teor de material volátil, de cinza e alto teor de carbono fixo (80%). A temperatura necessária para obtenção é alta, acima de 650°C. Seu uso na metalúrgica remete ao abastecimento de altos fornos, e na fundição de minérios.

Carvão para gasogênio: Deve apresentar densidade aparente máxima de 0,3, ser pouco friável. A porcentagem de carbono fixo deve ser em média 75%. É utilizado como força motriz.

Carvão ativado: Como principal característica deve apresentar elevada porosidade. Por possui alta capacidade de absorção, pode ser utilizado na medicina, na purificação de solventes.

Carvão para indústria química: Deve apresentar elevada pureza e boa reatividade química. Há ainda, outras formas de utilização do carvão vegetal, como na indústria de cimento, onde para seu uso este deve ser pulverizado e ser mais inflamável.

3.4 Métodos de Produção

Os sistemas de produção de carvão vegetal podem ser classificados em dois grupos, de acordo com a origem do fornecimento de calor para o processo (CENBIO, 2008). São eles:

Sistema com fonte interna de calor ou por combustão parcial: a combustão neste sistema ocorre pela queima de parte da carga destinada para carbonização. Há uma perda de 10% a 20% do peso de carga da madeira para a combustão total, produzindo o calor necessário para o processo. A queima é controlada através do ar no interior do forno. É um processo artesanal, sendo bastante difundido no Brasil devido ao seu baixo custo de implantação e manutenção.

Sistema com fonte externa de calor: o calor fornecido para a combustão provem de uma fonte externa de calor (aquecimento elétrico, introdução de calor na carga pela queima externa de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos). Neste sistema, parte da carga não é “sacrificada” para a geração de calor no processo, promovendo uma maior produção de carvão vegetal.

No Brasil, cerca de 80% da produção é proveniente de pequenos e médios produtores. Os fornos com fonte interna de calor, construídos de alvenaria, com baixo rendimento e que não possuem controle da temperatura de carbonização e das emissões atmosféricas são grande maioria (CARNEIRO et al., 2011). Dentre os modelos mais utilizados na produção de carvão

vegetal, estão os fornos de encosta e “rabo quente”. Há modelos mais modernos, como os fornos retangulares.

3.4.1 Fornos de encosta

De acordo com Carneiro et al. (2012), os fornos de encosta são utilizados em regiões que apresentam topografia acidentada, aproveitando o desnível natural do terreno para sua construção. A cúpula do forno é apoiada sobre a borda do terreno, que assume a função de parede do forno, reduzindo a quantidade de material utilizado em sua construção.

O diâmetro deste forno varia de 3 a 4 m e a altura entre 2,5 e 2,8 m, podendo ter até três chaminés (MENDES et al., 1982, apud OLIVEIRA, 2012). O rendimento atingido pelos fornos atinge 32% de carvão vegetal. Este alto rendimento ocorre em consequência de que maior parte do forno está em contato direto com o solo, acarretando em menores perdas térmicas para o ambiente e favorecendo a carbonização. Porém, requer maior tempo de resfriamento, diminuindo a produtividade (BAER FILHO, 2008).

O controle da carbonização é realizado através da coloração dos gases emitidos pelas chaminés. Importante ressaltar que estas podem emitir gases com diferentes aspectos, já que a frente de carbonização desenvolve-se de maneira desuniforme. O ciclo completo da carbonização leva de cinco a nove dias. A **Figura 2** apresenta o forno do tipo encosta.

Figura 2 – Forno do tipo encosta



Fonte: Alta Montanha (2016).

3.4.2 Fornos de Rabo Quente

Os fornos de rabo quente são construídos em alvenaria, em formato de colmeia. Para a entrada de ar possuem orifícios denominados “tatus”, e as saídas de ar, são chamadas de “filas” e “baianas” (FERREIRA, 2000, apud FERNANDES, 2014). Apresenta baixo custo inicial, fácil manejo e demanda pouca mão de obra, sendo que um único operário pode controlar de 7 a 10 fornos (MINETTE et al, 2007). Na **Figura 3** é apresentado o forno do tipo rabo quente.

Figura 3 – Forno do tipo rabo quente



Fonte: CENBIO (2008).

A capacidade de processamento de madeira neste modelo de forno é de 7 m³, de volume sólido ou de 4 toneladas de madeira seca (CGEE, 2015). De acordo com Oliveira (2009), a escolha dos pequenos e médios produtores por fornos mais simples, com baixa capacidade volumétrica, é consequência do elevado custo com maquinário e o maior investimento na construção de fornos com dimensões maiores. Carneiro et al. (2011), relata que o custo médio da construção do forno do tipo “rabo-quente” no Brasil é de US\$ 81,41/st de lenha.

A implantação destes fornos dificilmente é unitária, ou seja, os fornos são construídos em grupo, formando uma carvoaria. Neste local ocorre todo o processo de carbonização, desde o recebimento da madeira até o transporte do carvão produzido (PINHEIRO et al., 2005).

O processo de produção dos fornos do tipo rabo quente ocorre normalmente em sete dias, desde o ascendimento do fogo até a retirada do carvão produzido. Nos três primeiros dias ocorre a carbonização, após essa etapa, são precisos mais três dias para o resfriamento, e um último dia para descarregar e encher novamente o forno. Para cada m³ de madeira

carbonizada nestes fornos são produzidos 250 kg de carvão. (PINHEIRO et al. 2005, apud FERNANDES, 2014).

Não ocorre um controle adequado dos processos de carbonização, como controle da temperatura, determinação do perfil térmico, rendimentos (volumétricos e gravimétricos), controle da qualidade da lenha (umidade e densidade) e controle da qualidade do carvão vegetal (densidades, análise química imediata e poder calorífico). Estes aspectos são averiguados pelo operário, com base em sua experiência e o tempo de carbonização é definido pela coloração da fumaça que sai dos orifícios dos fornos, determinando o sinal para o seu fechamento ou abertura (SANTOS, 2007).

3.4.3 Fornos retangulares

Os fornos retangulares foram inseridos na década de 1990. Além da inovação no formato, este foi equipado com uma grande porta metálica, e as operações de carregamento e descarregamento são mecanizadas (CARRIER, 2007). Este modelo geralmente é adotado por grandes produtores e metal siderúrgicos, em consequência da escassez de mão de obra e de melhores condições de trabalho (ISBAEX, 2014). Na **Figura 4** é possível observar fornos retangulares.

Figura 4 – Fornos retangulares



Fonte: Raad et al. (2008).

Carneiro et al. (2011), relata que esses fornos possuem grande capacidade volumétrica, há no mercado forno retangular que pode chegar até 700st de madeira de enformamento, alcançando uma produção média em carvão de 350 mdc. Os rendimentos gravimétricos em carvão vegetal apresentados por estes fornos chegam a 30_35%, em média.

Conforme o estudo da Modernização da Produção de Carvão Vegetal no Brasil (CGEE, 2015), estes fornos possuem capacidade de processamento da madeira que oscilam de 150 m³ a 450 m³ de volume sólido, ou de 80 a 250 toneladas de madeira (base seca).

O processo de carbonização nos fornos retangulares leva cerca de doze dias, incluindo as etapas de carregamento, ignição, carbonização, resfriamento do leito de carvão e descarga totalmente concluídas. A carbonização da madeira ocorre em quatro dias, e para o resfriamento do forno, são precisos oito dias (FÁVERO; VALLE; DUARTE, 2007).

Os fornos FR 190 e RAC 700, se equipados com as devidas tecnologias para controle da temperatura e ou softwares de gerenciamento do processo de carbonização, promovem rendimentos na conversão de madeira em carvão, que pode saltar de 26% para 32 a 35% de rendimento gravimétrico. Assim sendo, anualmente estes fornos individualmente podem produzir aproximadamente de 750 até 2000 toneladas de carvão vegetal (CGEE, 2015).

A viabilidade econômica da construção destes fornos é associada à unidade de produção de carvão vegetal, nesta deve haver ao menos a produtividade de 500 m³/mês de carvão vegetal. A construção destes fornos é aproximadamente R\$ 200.000,000/forno (BRITO, 2010).

3.5 Impactos decorrente da produção de carvão vegetal

A produção de carvão vegetal está vinculada há diversos setores, impactando a sociedade em diferentes aspectos. No contexto socioeconômico, esta atividade é caracterizada por gerar muitos empregos, porém é historicamente associada a péssimas condições de trabalho (CALLE et al., 2005, apud MOURA; MARTINS, 2011). Entretanto, é uma importante fonte de renda para agricultores familiares (CARRIERI-SOUZA et al., 2014).

No setor tecnológico, grande parte da produção de carvão não apresentou evolução, por razões diversas, como a pouca organização do setor, pouco investimento em pesquisas e suporte técnico por parte do governo. Ainda é possível citar como fatores a localização geográfica descentralizada, baixo grau de conhecimento técnico e de profissionalização, transporte do produto muitas vezes é realizado em veículos não específicos para este fim (SABLOWSKI, 2008). No cenário ambiental, a produção de carvão vegetal está intrínseca ao desmatamento, monocultura, geração de resíduos sólidos e a poluição atmosférica.

3.5.1 Desmatamento e monocultura

Conforme o Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO, a utilização da madeira para a produção de carvão vegetal é muitas vezes proveniente de floresta nativa, ou então decorrente da desapropriação destas para inserção de cultivos destinados a este fim. O desmatamento desordenado e intenso das florestas propicia a extinção de espécies, a proliferação de pragas, a elevação das temperaturas locais e regionais, aumento dos processos erosivos, empobrecimento do solo, diminuição dos índices pluviométricos e assoreamento de rios e lagos (CENBIO, 2008).

Uma das principais culturas utilizadas no país para a produção de carvão vegetal é o eucalipto. O plantio desta espécie causa impactos positivos e negativos, dependendo do contexto. O eucalipto se adapta a diversas regiões, com diferentes densidades pluviométricas, desde 400 mm a 1200 mm anuais. Referente aos lençóis freáticos é preciso observar a profundidade destes, pois as raízes de eucalipto podem atingir até 2,5 m, podendo alcançar lençóis freáticos de baixa profundidade, sugando-os (VITAL; PINTO; 2009).

No cultivo de eucalipto os nutrientes (fósforo, potássio, cálcio e nitrogênio) do solo podem ser devolvidos em até 30% se as cascas, folhas, galhos e raízes se forem deixadas no local na hora da colheita. Se comparado a culturas como cana de açúcar, feijão, milho a floresta de eucalipto apresenta superioridade em termos de eficiência no uso de água, nutrientes e em relação á biodiversidade. A forma como é realizado o plantio desta cultura, permite a criação de corredores ecológicos interligando fragmentos de matas nativas. O cultivo de eucalipto ainda corrobora para o sequestro de carbono (VITAL; PINTO; 2009).

As florestas desempenham a função de armazenar carbono. Armazenam em suas árvores e solo mais carbono que o existente na atmosfera atualmente. Porém se cortadas liberam rapidamente boa parte do carbono para a atmosfera quando queimadas, e em processo de decomposição isso ocorre de forma mais lenta (BARRETO; FREITAS; PAIVA, 2009).

As florestas fazem parte do ciclo do carbono. As árvores através da fotossíntese assimilam CO₂, e liberam pela respiração. Há ainda a transferência de carbono no solo na forma de palha de folhas, madeira e raízes e pela eventual liberação de carbono do solo de volta a atmosfera através da decomposição e respiração da atividade microbiana (BARBOSA et al., 2013).

Existem diferentes métodos que possibilitam quantificar a biomassa florestal, estes podem ser diretos ou indiretos. O método direto consiste em mensurar a quantia de árvores cortadas e seus membros, que são separados e pesados. O método indireto subdivide-se em dois. O primeiro refere-se a informações de inventário florestal, onde através de equações de biomassa que transformam dados de diâmetro, altura ou volume em biomassa aérea. O segundo método utiliza imagens de satélite e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (SALATI, 1994).

3.5.2 Emissões atmosféricas pela produção de carvão vegetal

A poluição atmosférica é caracterizada pela dispersão de substâncias que resultam em um efeito adverso sobre o ambiente. A poluição atmosférica ocorre pela dispersão de gases, particulados ou ainda na forma de aerossóis (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014). A origem dos poluentes da atmosfera pode ser de origem natural, como no caso das erupções vulcânicas e incêndios florestais. Ou de origem antropogênica, como processos de combustão, provenientes das indústrias e de substâncias químicas.

De acordo com Cavalcanti (2010), as fontes das emissões atmosféricas podem ser classificadas em fontes fixas ou estacionárias ou em fontes móveis. As fontes fixas permitem uma avaliação direta no local, visto que ocupam uma área relativamente limitada. Já as fontes móveis se dispersam pela atmosfera, não sendo possível avaliá-las na base da fonte, é o caso dos meios de transporte que utilizam motores a combustão (CAVALCANTI, 2010).

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois grupos: os gases e os particulados. Os particulados podem incluir substâncias sólidas e líquidas, e os gases substâncias gasosas e líquidas (vapores). Os poluentes gasosos são divididos em cinco famílias: óxidos de carbono, compostos de enxofre e de nitrogênio, dos hidrocarbonetos e dos compostos fotoquímicos. O material particulado (MP) é composto por poeiras, fumaças, aerossóis, cinzas, fumos, nevoeiros (CAVALLERI, 2015).

Conforme o Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, 2007, no Brasil, diferente do que ocorre em países industrializados, as principais fontes de emissão de CO₂ provêm da mudança de uso da terra, ou seja, da conversão de floresta para uso agropecuário (CENBIO, 2008). Apesar de ser uma fonte de energia renovável, a queima da madeira para obtenção de carvão vegetal, é uma atividade poluidora, pois libera na atmosfera gases poluentes que alteram a qualidade e a estética desta (BRAGA, 2006, apud DAROIT; MOURA; MARTINS, 2011).

Grande parte da produção de carvão vegetal é oriunda de rudimentares fornos de alvenaria, em que não ocorre controle de gases (FIGUEIRA, 2012). Durante o processo de produção, de toda a madeira inserida para queima, apenas 30% é convertida em carvão vegetal, o restante da biomassa é emitido para atmosfera, aumentando a concentração de gases poluentes (SENA et al., 2014).

Há a emissão de gases não condensáveis, como metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H₂), etano (C₂H₆) e outros hidrocarbonetos. A composição total destes é a seguinte: CO₂, 62%; CO, 34%; CH₄, 2,43%, H₂, 0,63 e C₂H₆, 013% (CENBIO, 2008).

Alguns destes gases corroboram para o efeito estufa, como o monóxido e dióxido de carbono, metanos e outros hidrocarbonetos. O efeito estufa é um fenômeno natural e necessário. Mantém a manutenção da temperatura global, sem este a temperatura seria 33°C mais baixa, não permitindo as formas de vida que atualmente existem. Ocorre que a emissão exagerada de alguns gases intensifica o efeito estufa, acarretando no aumento da temperatura global (AMORIM, 2012)

3.5.3 Impactos relacionados à saúde humana

A produção de carvão vegetal em sua maioria ainda ocorre em fornos rudimentares de alvenaria, necessitando de mão de obra humana, expondo os trabalhadores a fumaça e calor oriunda dos fornos. Muitas vezes estes ficam expostos diretamente a fumaça por dias seguidos, inalando quantidades elevadas de gases (SOUZA et al., 2010). Além dos trabalhadores, moradores do entorno também podem sofrer com esta atividade (CANETTIERI et al., 2013).

O trabalhador está constantemente inalando gases tóxicos, produtos volatizados da queima da biomassa, fuligem, cinzas e pó do carvão. Devido a altas temperaturas dos fornos, há ocorrência de intensa sudorese corporal, podendo provocar desidratação e até mesmo queimaduras de 1º grau. O transporte da madeira é realizado pelos trabalhadores, que por vezes carregam peso além do correto, acarretando em possíveis lesões musculares, hérnias inguinais e escrotais (CANETTIERI et al., 2013).

Os possíveis sintomas apresentados por humanos quando exposto aos produtos da pirólise são asma, diminuição da função respiratória, irritação ocular que pode levar a catarata (NKUNDUMUZIKA, 2009). Hess (2008) relata em seus estudos que a relação da queima de biomassa com a incidência de câncer, principalmente de pulmão.

Godoi et al. (2004, apud HESS, 2008) diz que na combustão incompleta da biomassa são liberados materiais particulados finos, sendo mais de 130 substâncias. Dentre estes os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), que quando em contato com o organismo humano, apresentam atividades mutagênicas cancerígenas e desreguladoras do sistema endócrino. O **Quadro 2** demonstra quais componentes tóxicos emitidos a partir da queima da biomassa e suas possíveis ações sobre o organismo humano.

Quadro 2 – Elementos volatizados emitidos na queima de biomassa e seus possíveis efeitos na saúde humana

Elemento	Efeitos
Material Particulado	Efeitos adversos sobre a doença pulmonar prévia, asma brônquica, alterações cardíacas
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	Câncer, principalmente de pulmão
Monóxido de Carbono	Prejuízo ao raciocínio e percepção, cefaleia, redução da destreza manual e sonolência
Compostos de Nitrogênio	Irritação das mucosas, traquelite, bronquite, enfisema pulmonar

Compostos de Enxofre	Decréscimo da função pulmonar, doença pulmonar obstrutiva crônica
Ácidos Orgânicos	Irritação das mucosas
Compostos Orgânicos Voláteis	Irritação nos olhos, tosse, sonolência.

Fonte: Cançado (2002, apud NKUNDUMUZIKA, 2009).

Souza et al. (2010) realizou um estudo sobre os sistemas respiratórios em trabalhadores de carvoarias nos municípios de Lindolfo Collor, Ivoti e Presidente Lucena, RS. Nesta pesquisa constatou-se que os sintomas mais comuns apresentados pelos 67 indivíduos estudados, foram: espirro, secreção nasal, tosse, expectoração e dispneia. Quanto a doenças, foram observados casos de rinite ocupacional, rinite alérgica, asma brônquica, asma ocupacional, bronquite crônica e Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). Cabe ressaltar que os indivíduos que apresentaram asma ocupacional, bronquite crônica e DPOC eram tabagistas (SOUZA et al., 2010).

Corforme Hess (2008), algumas ações necessitam ser tomadas, como a reformulação da legislação trabalhista referente contratação destes profissionais. Também é indicado que os empreendedores invistam na construção de fornos que contenham dispositivos que evitem à exposição dos trabalhadores as elevadas concentrações dos poluentes. Portanto, visando minimizar os diversos impactos decorrentes da produção de carvão vegetal, há leis, normas e parâmetros a serem seguidos, como o processo de licenciamento ambiental.

3.6 Sistemas de redução de emissões atmosféricas para a produção de carvão vegetal

O carvão vegetal é uma fonte renovável de energia, porém grande parte da produção de carvão vegetal ainda ocorre em fornos modestos, que apresentam baixo rendimento gravimétrico ocasionando perda econômica e uma maior área plantada para atender a demanda. O controle durante o processo de carbonização é baseado em aspectos subjetivos, como a cor da fumaça. Os trabalhadores ficam expostos por longos períodos à emissão de gases tóxicos e altas temperaturas. E muitas vezes não há recuperação de subprodutos provenientes da carbonização (CARNEIRO et al. 2012). Entretanto, alguns sistemas e adaptações podem ser adotados para aprimorar aspectos ambientais, econômicos e proporcionar melhores condições de trabalho na produção de carvão vegetal.

Taccini (2010) relata a geração de gases não condensáveis durante o processo de carbonização da madeira, como CO, CO₂, H₂ e CH₄. No caso da queima completa destes gases, ocorreria somente a liberação de CO₂ e vapor de água. De acordo com OLIVEIRA (2012), visando reduzir a emissão dos gases poluentes para a atmosfera, tem-se feito a combustão destes através de fornalhas acopladas aos fornos de carvão vegetal. OLIVEIRA et al. (2014), descreve que a fornalha tem o objetivo de incinerar os gases gerados durante o processo de carbonização, transformando a poluição em energia na forma de calor.

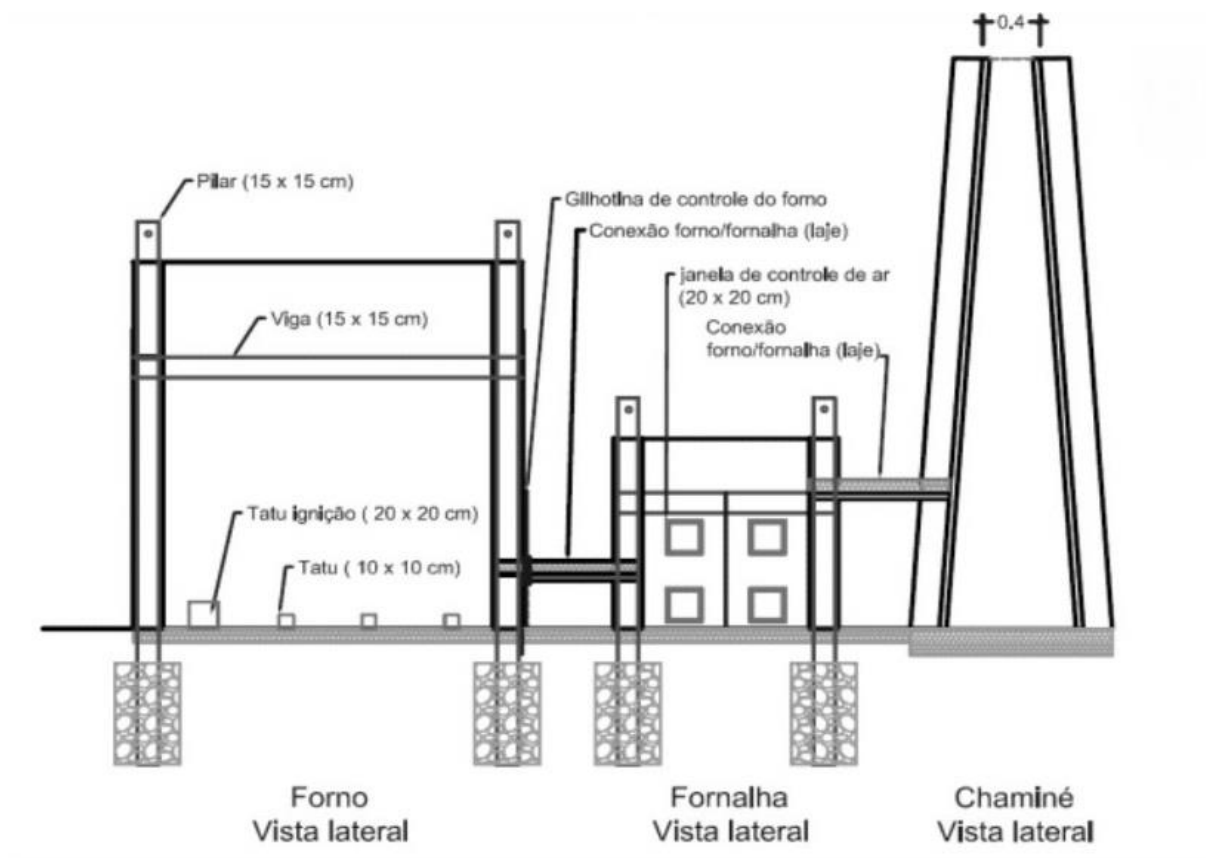
Conforme Dias et al. (2002), faz-se necessário a introdução de processos mais limpos, que visem além de aumentar o rendimento do carvão, possibilitar o reaproveitamento de subprodutos, diminuindo a emissão de poluentes e agregando valor ao processo. Misayaka et al. (2001, apud MACHADO et al., 2013), descreve um destes subprodutos oriundos da carbonização da madeira, o líquido pirolenhoso. Este é obtido através da condensação da fumaça, podendo ser utilizado como fertilizante orgânico, fungicida, repelente e nematicida, dentre outros. A seguir serão apresentados estes dois sistemas de redução das emissões atmosféricas.

3.6.1 Sistema forno fornalha

Cardoso et al. (2010), em sua pesquisa confeccionou um sistema forno fornalha para queima de gases da carbonização, visando a redução da emissão de poluentes. O forno retangular construído tem capacidade para 10 m estéreos de madeira, com fornalha para combustão dos gases e chaminé. Há quatro aberturas laterais no forno, sendo uma delas maior para iniciar a ignição, e as outras para controle da carbonização. A fornalha também apresenta quatro aberturas laterais, para controle da oxigenação dentro da câmara de combustão.

A passagem dos gases do forno para a fornalha ocorre por uma conexão feita com tijolos maciços na espessura de 20 cm, o teto é feito de laje e todo o seu interior foi revestido de manta cerâmica. Entre o forno e a fornalha há uma guilhotina, esta serve para controle dos gases para dentro da câmara de combustão. O custo total do sistema forno fornalha foi de R\$ 3.640,98 (CARDOSO et al., 2010). A **Figura 5** apresenta a vista lateral do sistema forno fornalha.

Figura 5 – Vista lateral do sistema forno fornalha



Fonte: Cardoso et al. (2010).

Oliveira et al. (2014) também realizou experimentos referentes ao sistema forno fornalha, e descreveu os procedimentos que ocorrem na fornalha. Inicialmente, a fornalha é alimentada com material lignocelulósico e acesa logo após a ignição dos fornos. É necessário seguir abastecendo a fornalha para manter a temperatura da mesma. O abastecimento é suspenso quando os gases gerados durante a carbonização no forno atingem 120° C, pois de agora em diante os gases são capazes de manter a combustão. A partir deste momento, a chama dentro da câmara de combustão da fornalha permanece acesa até o fim da carbonização.

Cardoso et al. (2010) constatou que a temperatura máxima atingida para queima dos gases ocorreu a 500° C, após 52 horas de carbonização. Não houve emissão de gases pela chaminé durante o processo de queima destes, apenas liberação de calor. Os gases metano e monóxido de carbono, que contribuem para o efeito estufa, foram reduzidos consideravelmente devido ao uso da fornalha, quantia emitida foi reduzida a 96% e 93%, respectivamente. Quando o sistema não operou com a queima dos gases, os valores de

concentração de CO₂ foram de 4,11% e 6,29% com a queima. Este valor indica o aumento das reações de oxidação durante a combustão dos gases na fornalha. Gases como CO, CH₄ e outros foram oxidados a CO₂, H₂O e energia. O carvão vegetal obtido possui rendimento gravimétrico de 28,70% e teor de carbono fixo de 82,56%.

Oliveira (2012) observou em seus estudos que a queima dos gases no interior da fornalha ocorreu na faixa de temperaturas de 650 e 1150° C, proporcionando a combustão completa do alcatrão, do licor pirolenhoso, dos fenóis e dos gases CO e CH₄, reduzindo-os em CO₂ e H₂O. O sistema apresentou rendimento gravimétrico médio em carvão vegetal de 33%, valor considerado satisfatório. Os materiais e custos de construção do sistema forno fornalha, com três fornos totalizaram R\$ 3.603,15.

3.6.2 Coleta de líquido pirolenhoso

A pirólise consiste na degradação térmica, de determinado material numa atmosfera isenta de substâncias oxidantes. No caso da madeira, sob pirólise lenta, ocorre à formação de produtos, como o carvão (sólido) e gases, quando parte destes se condensa, forma o alcatrão e o líquido pirolenhoso, também chamado de extrato ou líquido pirolenhoso (MOURA; .; CAMPOS; MAGALHÃES, 2010). Conforme Campos (2007), o líquido pirolenhoso apresenta coloração amarela a marrom avermelhada. Pode ser obtido a partir de várias espécies vegetais, como bambu, eucalipto e pinus.

Para Brito (1990, apud TACCINI, 2010), durante o processo de carbonização, alguns compostos são condensados, chegando a representar 50% do total da massa da madeira, destaca-se a água (28%) e produtos orgânicos (22%). Estes últimos são identificados e quantificados na **Tabela 2**. O líquido pirolenhoso é constituído exclusivamente por compostos orgânicos, derivado de um recurso renovável, tais características o tornam apto para ser utilizado em sistemas orgânicos de produção (MADAIL; SIMA, 2011).

Tabela 2 – Geração de produtos orgânicos durante o processo de carbonização

Produto Orgânico	Quantidade (%)
Ácido acético	6
Metanol	2,5
Compostos aromáticos	3,5
Derivados fenólicos	3
Aldeídos e derivados	1
Piche	6

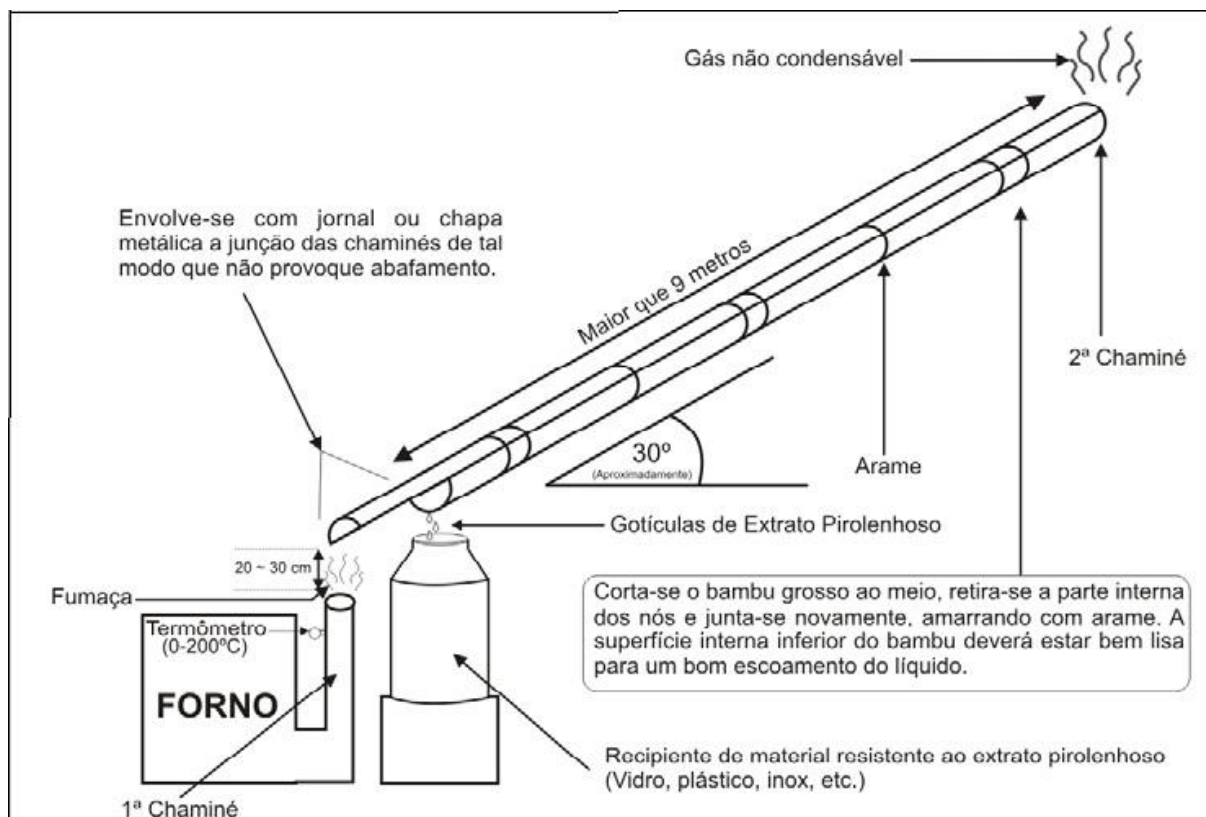
Fonte: Adaptado pela autora com base em Taccini (2010).

O líquido pirolenhoso é constituído por vários compostos, cetonas, ésteres, aldeídos, ácidos (principalmente propanoico e acético), metanol, alcatrão solúvel e insolúvel, cadeias fenólicas e água. A proporção gerada do ácido pirolenhoso varia de acordo com a temperatura, do tipo de processo, da biomassa utilizada, e do mecanismo empregado. Mas geralmente este representa cerca de 35% de todos os produtos gerados na pirólise (SENA et al., 2014).

No Rio Grande do Sul a coleta do líquido pirolenhoso passou a ser adotada em 2001, com intuito de reduzir a emissão de gases para a atmosférica e obter um produto útil aos agricultores, controlando e prevenindo insetos em várias culturas (ENCARNAÇÃO, 2001). Conforme Campos (2007) é preciso seguir orientação técnica para sua produção, evitando a alta concentração de alcatrão e outros compostos tóxicos, que inviabilizam o seu uso na agricultura.

Miyasaka et al. (2006) descrevem o processo de extração do líquido pirolenhoso. Quando ocorre à queima da madeira suas células se decompõem devido ao calor, produzindo fumaça, esta quando resfriada condensa e forma o líquido pirolenhoso. Conforme Gonçalves et al. (2010) não há uso de nenhum método artificial para o resfriamento dos gases, apenas a própria circulação dos ventos existentes em torno do tubo. A **Figura 6** demonstra o esquema de coleta do extrato pirolenhoso.

Figura 6 – Sistema de coleta de líquido pirolenhoso



Fonte: Miyasaka et al. (2006).

Campos (2007) descreve os procedimentos que devem ser adotados para a obtenção de extrato pirolenhoso de boa qualidade. Logo no começo da queima da madeira, a fumaça exalada é branca opaca. A quantidade de água é alta, deve ser evitada a coleta do líquido nesta fase inicial. Quando a fumaça apresentar tonalidade amarela acinzentada clara, deve-se iniciar a coleta do extrato pirolenhoso para que este apresente menor teor de água. A temperatura aplicada no processo de condensação pode inibir ou ativar compostos bioativos, sendo um importante fator para definir a qualidade do extrato pirolenhoso.

A temperatura no interior da primeira chaminé ao iniciar a coleta deve estar entre 80° C e 85° C. Quando a primeira chaminé atingir entre 120° C e 150° C, e a fumaça apresentar coloração amarela esbranquiçada, indica-se interromper a coleta. A partir do momento que a fumaça apresentar tonalidade azul, devido à alta temperatura no interior do forno, a substância extraída será o alcatrão. Elevadas temperaturas fazem com que o líquido pirolenhoso perca as características adequadas para seu uso na agricultura (CAMPOS, 2007). Na **Figura 7**, a adaptação realizada em um forno para coleta do líquido pirolenhoso.

Figura 7 – Adaptação de um forno para geração de líquido pirolenhoso



Fonte: Campos (2007).

Campos (2007), ainda recomenda evitar o uso de madeiras com pesticidas, árvores nativas, visto que algumas espécies possuem substâncias tóxicas e podem inviabilizar o uso do líquido pirolenhoso, tornando-o venenoso. Indica-se ter conhecimento da espécie utilizada e não realizar mistura de espécies, garantindo a qualidade do extrato pirolenhoso.

Santos et al. (2011), fez estudos durante um ano (2009) sobre a coleta de líquido pirolenhoso em três carvoarias no município de Sinop, no Estado de Mato Grosso. O objetivo era averiguar o potencial de coleta de ácido pirolenhoso. Os fornos analisados possuíam estrutura semelhante, eram feitos de alvenaria, água e barro. Apresentavam formato colmeia, com uma abertura para deposição da madeira e outra, denominada lareira, onde são coletados os produtos da carbonização.

Cada forno possui capacidade de aproximadamente 10 m³ de lenha. Não há dados de rendimento de cada forno, visto que as empresas não realizam um controle estatístico da madeira usada e do carvão produzido por cada forno. A técnica utilizada para coleta de líquido pirolenhoso consiste em condensar os gases emitidos dos fornos durante a

carbonização, através de tubos (8 metros, aproximadamente). A quantidade coletada foi bastante variável. Fatores como experiência do funcionário, época do ano e comprimento e ângulo de inclinação do tubo coletor, interferiram na quantia. A **Figura 8** demonstra o cano coletor utilizado.

Figura 8 – Forno com cano coletor e detalhe do cano coletor

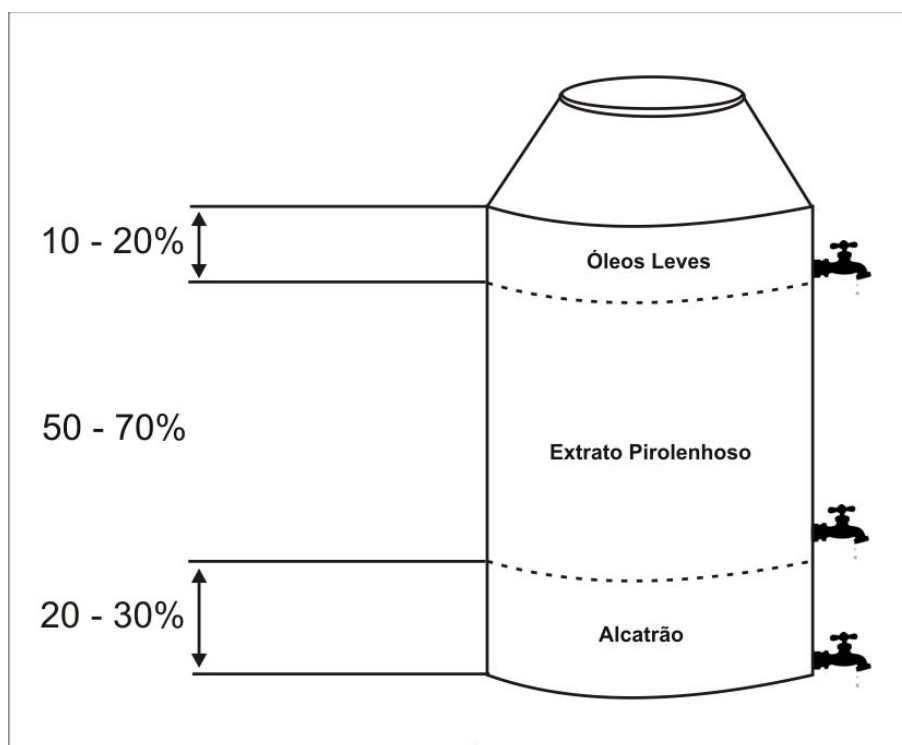


Fonte: Santos et al. (2011).

De acordo com os resultados de Santos et al. (2011), durante o período de um ano, as três carvoarias utilizaram um total de 46 800 m³ de resíduos de madeira, gerando 280 800 litros de líquido pirolenhoso. Quanto aos fornos estudados, a produção média de carvão vegetal é de 5,2 m³, e 100 litros de líquido pirolenhoso cada um.

O ácido pirolenhoso precisa passar por um processo de purificação para obter melhor qualidade. Este procedimento ocorre através da decantação, filtragem ou destilação. A decantação consiste em inserir o líquido pirolenhoso em um vasilhame de material que não entre em reação com o extrato, como plástico, vidro, aço inoxidável. Para facilitar a separação de camadas é preferível que o vasilhame seja profundo, o líquido bruto deve permanecer no mínimo seis meses em decantação, então se formam duas ou três camadas. Na camada inferior predomina o alcatrão, na camada do meio o líquido pirolenhoso e acima desta, estão os óleos leves. Quando ocorre a formação de apenas duas camadas, a camada inferior é descartada, sendo a camada superior o líquido pirolenhoso (MIYASAKA et al., 2006). A **Figura 9** mostra a proporção de cada subproduto para três camadas no vasilhame onde ocorre a decantação.

Figura 9 – Proporção dos subprodutos no vasilhame de decantação



Fonte: Miyasaka et al. (2006).

Conforme Miyasaka et al. (2006) a filtragem seria aplicada para melhorar a qualidade do líquido pirolenhoso já decantado. Este processo consiste na adição de carvão ativado em pó ou granulado no líquido pirolenhoso já decantado, devendo permanecer em repouso por dois dias, logo a parte líquida, o líquido pirolenhoso pode ser retirada e o restante pode ser utilizado na agricultura. A temperatura para a destilação deve ser de 15° C, podendo ser sob pressão normal. Importante ressaltar que os primeiros e últimos 10% devem ser descartados, ou seja, não considerar como líquido pirolenhoso, entretanto é possível fazer uso destes na agricultura. O processo de destilação permite separar o alcatrão solúvel no líquido pirolenhoso (ENCARNAÇÃO, 2001).

O líquido pirolenhoso pode ser aplicado em diversas situações, como para repelir determinadas pragas e prevenir doenças em alguns cultivos agrícolas, pode servir como repelente de pássaros, morcegos e roedores (MIYASAKA et al., 2001, apud GONÇALVES et al., 2010). Na indústria florestal, o líquido pirolenhoso é aplicado na madeira, evitando agentes deterioradores, este é seu mais antigo emprego (PAES et al., 2002, apud GONÇALVES et al., 2010). O alcatrão pode ser utilizado como óleo combustível, dissolvente, produtos farmacêuticos, aromatizantes (BRITO; BARRICHELO, 1981).

Encarnação (2001) descreve que houve redução de até 50% da quantidade de fumaça emitida para atmosfera, importante ressaltar que esta foi uma avaliação visual. Quanto a produção de líquido pirolenhoso bruto, um forno com capacidade de 6 m³ de madeira, gera 24 litros de extrato pirolenhoso. Conforme Schnitzer (2009), a carbonização de 100 kg de madeira produz cerca de 8 litros de extrato pirolenhoso bruto, após a decantação, obtém-se 5 litros do líquido propriamente dito, e 25 kg de carvão.

3.7 Licenciamento ambiental

No Brasil, a legislação ambiental teve início em 1934 com a instituição do Código de Florestas, o Código das Águas, e o Código de Minas. Todos foram criados com o intuito de controlar o acesso aos recursos naturais, visto que o país apresentava processos de urbanização e industrialização. Na década de 1970, ocorreu a formulação de um corpo legal referente à questão ambiental, este fato foi motivado por debates ambientais no âmbito nacional e internacional (SILVA; LIMA, 2013).

De acordo com Verdum e Medeiros (2006), a Lei Federal 6.938 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente originou o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA. Este apresenta a seguinte estrutura, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo. O Ministério do Meio Ambiente – MMA é o órgão central. O órgão executor é o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Através desta lei, também houve uma maior participação dos estados e municípios na fiscalização e implantação de leis, como a atuação dos órgãos seccionais (entidades estaduais) e locais (entidades municipais), cabendo a União a edição de normas gerais.

O Decreto nº 8.028/90 regulamenta a Lei 6.938/81, declara que compete ao CONAMA estabelecer critérios básicos para estudo de impacto ambiental para a finalidade de licenciamento. Dentre estas medidas está o diagnóstico da área, a descrição da atividade, o estudo de impacto ambiental realizado por profissionais habilitados, para a descrição da atividade, o estudo de impacto ambiental realizado por profissionais habilitados, para a constituição do Relatório de Impacto Ambiental.

A resolução CONAMA 237/1997 complementa os procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental previamente definido na Resolução 001/86. Estabelece que o licenciamento ambiental é o processo administrativo ao qual uma atividade é submetida, para possível aprovação do órgão competente. Neste processo, é analisada a localização, instalação, operação e ampliação dos empreendimentos que possam causar poluição e/ou degradação ambiental.

A licença ambiental é ato administrativo em que o órgão competente estabelece os critérios e restrições de controle ambiental para a localização, instalação, operação e ampliação de algum empreendimento que a venha a utilizar recursos naturais e que possa provocar poluição e/ou do ambiente. Há três tipos de licenças:

Licença Prévia (LP) – é concedida na primeira fase de instalação do empreendimento, com base na análise da localização e viabilidade ambiental;

Licença de Instalação (LI) – permite a instalação do empreendimento, de acordo com o projeto aprovado, incluindo as medidas de controle ambiental;

Licença de Operação (LO) – após a aprovação das medidas anteriores, está permite a operação do empreendimento.

Cabe ressaltar que estas licenças podem ser expedidas de forma isolada ou sucessivamente, dependendo das características e fases do empreendimento. Também se faz necessário enfatizar que as licenças não possuem caráter definitivo, possuem prazos de validade, variando de acordo com o tipo de licença. Ainda podem ser suspensas e canceladas caso haja algum descumprimento em relação às medias exigidas pelo órgão competente.

3.7.1 Legislações aplicadas à produção de carvão vegetal

Conforme Resolução nº 001/86 do CONAMA, entende-se por impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente, proveniente de atividades humanas. E que de alguma forma afetam a saúde da população, atividades sociais e econômicas, a biota, a qualidade dos recursos ambientais.

No artigo 2º desta resolução constam as atividades que carecem de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental. Dentre elas há duas relacionadas ao carvão vegetal, como a exploração econômica da madeira ou lenha: em áreas acima de 100 hectares ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental; atividades que utilizem carvão vegetal acima de dez toneladas por dia.

A Lei nº 12.651 de 2012 estabelece no artigo 34º que siderúrgicas, metalúrgicas e outras indústrias consumidoras de grande quantidade de carvão vegetal ou lenha devem utilizar matéria-prima exclusiva de florestas plantadas ou de Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, estas já integrando o processo de licenciamento ambiental; No artigo 36º, parágrafo 3º, fica estabelecido que todo aquele que recebe ou adquire carvão para fins industriais, comerciais é obrigado a exigir a apresentação do DOF – Documento de Origem Florestal, e manter-se com uma cópia.

A Portaria nº 03/95 da Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, juntamente com a Norma Técnica n.002/95, da FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Roessler - RS, estabelece os critérios e procedimentos para a localização e licenciamento de Fornos de Carvão Vegetal no Rio Grande do Sul.

De acordo com a Norma Técnica 002/95, os fornos de carvão vegetal devem se localizar em áreas rurais, de preferência próximas ao local da produção de madeira, com distância de no mínimo 500 metros de residências, e vias de transporte rodoviário e ferroviário. É solicitada também a utilização de cortina vegetal em torno da área de produção. Esta medida visa amenizar visualmente o empreendimento e promover a elevação da pluma de gases, melhorando sua dispersão na atmosfera.

No ano de 2007, foi acrescido um item a norma técnica citada acima, este item determina que cada produtor de carvão poderá ter instalado no máximo dois fornos de carvão com capacidade de 10 m³ cada, localizados em zona rural, afastados no mínimo 100 m de residências, vias públicas, rodovias e ferrovias.

De acordo com a Resolução nº 288/2014 do CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente, esta atividade possui baixo impacto ambiental e pode ser licenciada pelo órgão ambiental municipal. No sistema do órgão estadual FEPAM, é possível buscar pela

atividade Produção de Carvão Vegetal em Fornos através do código 3.017,00. Também é possível observar o potencial poluidor e a unidade de produção, m³/d (FEPAM, 2016).

Em 18 de maio de 2016, foi publicado no Diário Oficial a Resolução nº 315/2016 pelo CONSEMA, esta estabelece critérios para o licenciamento da atividade da produção de carvão vegetal em fornos. De acordo com o art. 2º desta resolução, para o licenciamento ambiental da referida atividade, é preciso adoção de alguns critérios, como:

I - Inscrição do imóvel no Cadastro Ambiental Rural – CAR;

II - Os fornos devem estar localizados em imóvel rural, com distância mínima de 500 metros de residências, prédio públicos e privados, rodovias e ferrovias, e ainda atender legislação municipal referente ao zoneamento da atividade, quando existente;

III - O cortinamento vegetal composto por espécies exóticas e ou nativas no entorno da área de produção de carvão vegetal, deve ser inserido no máximo 10 metros do conjunto de fornos. A adoção desta prática visa minimizar os impactos visuais provenientes desta atividade e propicia condições de elevação da pluma de gases ou a fumaça e a melhoria da dispersão atmosférica;

IV - A matéria-prima florestal a ser utilizada na produção deverá ser originária de florestas plantadas ou de supressão de vegetação nativa licenciada, sendo identificado o produto (lenha) e espécie vegetal nas notas fiscais e embalagens para a exposição à venda no comércio.

V - A distância dos fornos em relação aos corpos hídricos deve ser de no mínimo de 30 metros;

VI - As especificações construtivas e operacionais dos fornos e das chaminés devem atender aos seguintes quesitos:

- a) Chaminé com diâmetro interno máximo de 30 cm ou aresta interna máxima de 26 cm;
- b) Chaminé com altura mínima de 1 m acima da altura do forno;
- c) Cada chaminé poderá ser utilizado por no máximo 2 fornos;

- d) O duto de entrada dos gases da chaminé deve estar posicionado na parte inferior da parede do forno;
- e) Os fornos deverão ter todas as suas entradas de ar laterais fechadas, após no máximo dois dias do início de operação, ficando as emissões restritas à chaminé;

VII - A destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e rejeitos da produção deve ser informada ao órgão ambiental competente pelo empreendedor;

VIII - O órgão ambiental deverá exigir do empreendedor a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

Ainda consta neste artigo, que os fornos existentes tem o prazo de 5 anos para atenderem aos critérios do inciso V, citado acima. Quanto aos fornos em operação que estiverem a menos do que trinta metros, prazo superior a 5 anos somente será autorizado quando comprovado a inexistência de alternativa locacional. Para agricultura familiar, de acordo com a Lei 11.326 de 2006, e para instalação de até 4 fornos para produção de carvão vegetal, com capacidade individual de até 15m³, há algumas exceções as medias estabelecidas acima, como:

- a) Distância mínima de 100m de residências, prédios públicos ou privados, rodovias, ferrovias;
- b) Localização em áreas rurais consolidadas, consoante inscrição no CAR, de acordo com as regras do art. 61-A da Lei Federal 12.651/2012, com os prazos de regularização dos §§ 1º.2º;
- c) Processo de licenciamento simplificado dispensando Anotação de Responsabilidade Técnica –ART.

Quanto à instalação das chaminés, e aos demais critérios do artigo 2º desta resolução, deverão ser promovidos pelos empreendimentos em operação no prazo máximo de 2 anos, contando a partir da data da publicação desta Resolução.

Algumas ferramentas têm auxiliado os profissionais no processo de licenciamento ambiental, como o geoprocessamento. Este proporciona o armazenamento de imagens,

informações e ainda o cruzamento destas, permitindo uma visão mais ampla e detalhada da área de estudo (OLIVEIRA et al., 2008).

3.7 Geoprocessamento aplicado ao licenciamento ambiental

Recolher informações sobre a distribuição geográfica dos minerais, vegetação, hidrografia, uso do solo, dentre outros, possui significativa relevância para o desenvolvimento da sociedade. Entretanto, a coleta destas informações era feita apenas em documentos e mapa de papel, tal fato impossibilitava o cruzamento de diversos dados simultaneamente. Com o advento da tecnologia de informática, na segunda metade do século XX, fez-se possível armazenar e representar estas informações em computadores, permitindo a eclosão do geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

De acordo com Silva e Zaidan (2009), o geoprocessamento consiste em apresentar informações referentes à localização de propriedades e eventos em uma base de dados de georreferenciamento, cujas informações servirão de apoio a tomada de decisão. O geoprocessamento é utilizado para tomada de importantes decisões em diversas áreas, como planejamento urbano e regional, análise de recursos naturais, comunicações, transportes, agricultura (LACERDA, 2010).

É possível fazer uso de diversas técnicas para a aplicação do geoprocessamento, visto que estas dependem do tipo do uso e da manipulação dos dados coletados. Dentre as tecnologias alocadas ao geoprocessamento, está o Sistema Geográfico de Informação (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) (LACERDA, 2010).

Os SIG são as ferramentas computacionais do geoprocessamento, eles permitem integrar dados de diferentes fontes e criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Um SIG é responsável pela coleta, pelo armazenamento e pela recuperação de informações espaciais representadas por dados de localização e/ou coordenadas geográficas. A aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica é bastante diversificada, podendo ser utilizado em: planejamento e gestão urbana, infraestrutura, agricultura, segurança, transporte e meio ambiente (SILVA et al., 2006).

O SR pode ser definido como o processo de obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (MARTINS; OLIVEIRA; BERNARDES, 2009). As contribuições do SR no licenciamento ambiental estão relacionadas ao uso e cobertura das terras do espaço geográfico considerado, bem como o levantamento e monitoramento que ocorrerem nestas áreas e os impactos ambientais provenientes das alterações. Ainda corroboram para o inventário de sequestro de carbono (MIURA et al., 2011).

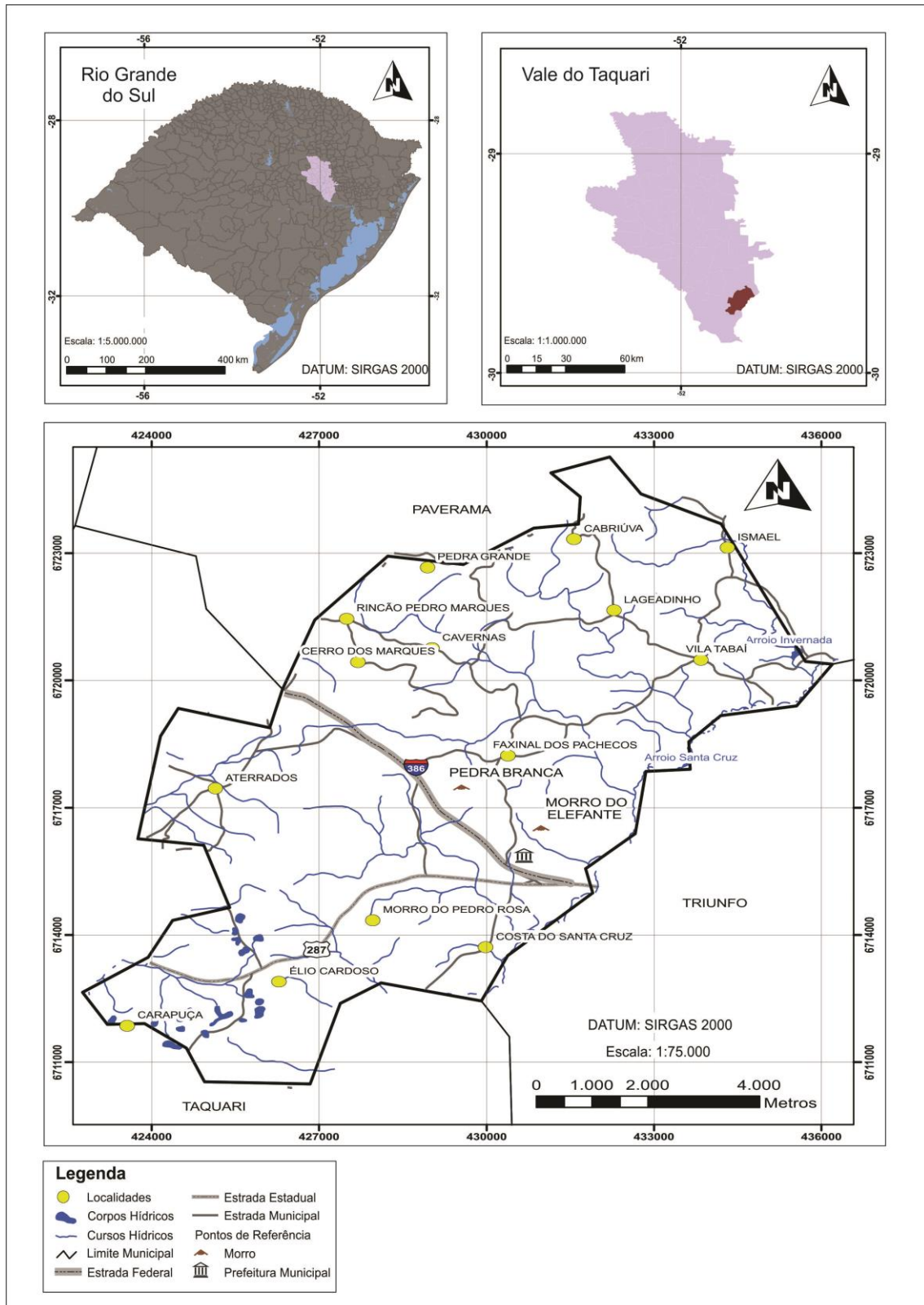
Em seus estudos, Martins, Oliveira e Bernardes (2009) utilizaram geoprocessamento associado ao sensoriamento remoto e SIG para avaliar o cumprimento do código florestal em área de extração de carvão vegetal no município de Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul. O uso de imagens de satélite permitiu comparar no decorrer do tempo as alterações pertinentes à área de estudo. Conclui-se que o geoprocessamento é uma ferramenta eficaz para avaliar o cumprimento da lei, visto que esta não foi cumprida. Verificou-se que as imagens de satélite não são suficientes para determinar o real estado das formações vegetacionais (MARTINS; OLIVEIRA; BERNARDES, 2009).

O geoprocessamento auxilia no monitoramento da biodiversidade, pois permite a coleta de dados para diversos estudos e análises complexas, ao assimilar simultaneamente informações de vários bancos de dados (SENA; NETO; LEITE, 2012). Portanto, a utilização deste recurso contribui para a realização deste trabalho, permitindo localizar as unidades produtoras e o ambiente físico em que estão inseridas.

3.8 Área de estudo

O presente estudo será desenvolvido no município de Tabaí. O município possui área de 94, 755 km². Está localizado na Encosta Inferior Noroeste do Vale do Taquari (região formada por 35 municípios), é considerado o Portal desta região, visto que localiza-se na bifurcação das rodovias RST 287 e BR 386. Estas ligam o interior à Região Metropolitana, é por onde escoia grande parte da produção do estado. Fica 74 km distantes da capital, Porto Alegre (PREFEITURA MUNICIPAL DE TABAÍ, 2016). A **Figura 10** apresenta a localização do município de Tabáí.

Figura 10 – Mapa de localização do município de Tabai



Fonte: Da autora (2016).

O Plano Municipal de Educação de Tabaí (2015) apresenta os valores dos usos de cobertura de solo no município, as pastagens representam 25,48%, a agricultura representa 9,23%, solo exposto 4,66%, floresta nativa 4,56%, área urbana 2,06%, cursos hídricos 2,88% e mais da metade da área do município, 51,11% é destinada ao cultivo de acácia negra e eucalipto.

De acordo com as estimativas do IBGE, a população no ano de 2016 é de aproximadamente 4.494 habitantes. No setor econômico, destaca-se a agricultura, esta é o principal componente de formação do PIB (Produto Interno Bruto) e a produção de carvão vegetal. A produção primária é responsável por 68% no total do valor adicionado fiscal. Este percentual é dividido em, 15% aviários, 64% silvicultura e 21% para demais culturas (PREFEITURA MUNICIPAL DE TABAÍ, 2016).

Conforme (MANDAIL; SIMA, 2011) o município de Tabaí é destaque na produção de carvão vegetal no Rio Grande do Sul, somente no período de 2004 a 2006 teve produção média superior a 1000 toneladas. O município conta com 4 empreendedores licenciados de acordo com o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Tabaí.

4 METODOLOGIA

Para atender a proposta do trabalho, inicia-se com pesquisa bibliográfica visando maior compreensão e dimensionamento da produção de carvão vegetal no país. A pesquisa bibliográfica ocorre a partir da observação de referências teóricas já analisadas e publicadas, em diversos meios, escritos ou eletrônicos, como livros, artigos científicos (FERREIRA, 2002, apud GEHARDT; SILVEIRA, 2009). A pesquisa bibliográfica tem como finalidade fundamentar teoricamente o instrumento de estudo, fornecendo informações que subsidiem a análise futura dos dados obtidos, (LIMA; MIOTO, 2007).

A partir da pesquisa bibliográfica elaborou-se um formulário com questões para ser aplicado aos produtores de carvão vegetal. Neste formulário serão abordadas questões pertinentes aos impactos ambientais e a saúde humana intrínseca á atividade. Serão realizadas visitas aos empreendimentos para a aplicação destes.

O formulário é caracterizado como um conjunto de questões que são formuladas por um entrevistador e aplicadas face a face com o entrevistado. As perguntas devem ser ordenadas das questões mais simples as mais complexas, respeitando o nível de conhecimento do entrevistado. O formulário por ter indagações padronizadas permite a tabulação das respostas, sendo adequado a quantificação e comparação dos resultados com outros dados do assunto tratado (GEHARDT; SILVEIRA, 2009).

Como vantagens o formulário apresenta flexibilidade, visto que pode ser aplicado a qualquer população, alfabetizados ou analfabetos. A presença do pesquisador permite que possíveis dúvidas sejam esclarecidas. O formulário permite ainda, facilidade na aquisição de um número representativo de informantes, em determinado grupo e a obtenção de dados mais

complexos e úteis. Como desvantagem apresenta menor liberdade nas respostas, devido á presença do pesquisador, que também interfere no tempo de resposta, tornando o tempo para pensar nessa menor. Pode ser uma etapa demorada, por ser aplicado a uma pessoa de cada vez (GEHARDT; SILVEIRA, 2009).

O formulário é composto por doze (12) questões (APÊNDICE A). Este foi fundamental para a coleta das informações que fomentaram o presente estudo. Os questionamentos levantados são referentes a diferentes aspectos da produção de carvão vegetal. A **Tabela 3** demonstra quais foram os aspectos analisados.

Tabela 3 – Aspectos analisados no formulário aplicado

Aspectos analisados			
Fabricação	Ambientais	Perfil dos trabalhadores	Saúde
Espécie de madeira utilizada	Licença ambiental	Idade	Ocorrência de sintomas/doenças
Local de origem da madeira	Inscrição do imóvel no CAR	Sexo	Tabagismo
Quantidade mensal de madeira utilizada	Medidas adotadas p/ redução das emissões atmosféricas		
Produção mensal de carvão vegetal			
Número de fornos			
Número de trabalhadores			

Fonte: Da autora (2016).

O formulário foi aplicado nas carvoarias visitadas, nos meses de julho e setembro. Os dados obtidos através dele serviram como subsídio para a elaboração dos resultados, juntamente com outros métodos, detalhados a seguir. A **Figura 11** apresenta a visita a uma das carvoarias.

Figura 11 – Visita a carvoaria



Fonte: Da autora (2016).

4.1 Espacialização das carvoarias

Para a identificação dos produtores de carvão vegetal no município de Tabai, inicialmente foi realizado um levantamento junto ao Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal e FEPAM. Informações sobre pequenos produtores obtidas com a população também foram consideradas.

Para especializar as unidades produtoras de carvão vegetal no município de Tabaí, realizou-se a coleta das coordenadas geográficas dos empreendimentos existentes no município, com o auxílio de um GPS Garmin Etrex. Após, estas coordenadas serão lançadas no *software* Arc Gis. Este software fornece mecanismos que tornam viável a realização de análise espacial, armazenamento, processamento de dados geográficos e mapeamento (SILVA; MACHADO, 2010). A base digital de informações cartográficas é proveniente de Hasenack e Weber (2010), base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul, escala 1: 50.000.

No Arc Gis, utilizou-se a ferramenta *buffer* para a delimitação das APP's. Conforme Freitas, Tambosi e Ribeiro (2009) o buffer permite a criação de polígonos com uma distância a partir de um polígono, linha ou ponto. A Lei 12.651 de 2012, em seu capítulo II, seção I, delimita as APP, dentre elas consta as faixas marginais de qualquer curso de água natural, desde a borda da calha do leito regular, com largura mínima de 30 metros para cursos de água de menos de 10 metros de largura, situação que ocorre no município. Além disso, a Resolução CONSEMA n° 315/2016, também estabelece que os fornos para produção de carvão vegetal deverão estar afastados no mínimo 30 metros de qualquer curso hídrico. Portanto, utilizou-se o valor de 30 metros de distância a partir dos cursos hídricos próximos as carvoarias para averiguar se estão situados em APP ou não.

De acordo com a Resolução CONSEMA n° 315/2016, 500 metros é a distância mínima que os fornos de carvão devem estar distantes de rodovias, residências e prédios públicos. Portanto, no Arc Gis, a ferramenta *buffer* novamente foi utilizada para execução de um raio de 500 metros no entorno das carvoarias, permitindo a visualização destas em relação a estes critérios. A coleta de pontos de residências e prédios públicos ocorreu via Google Earth.

O Google Earth é um *software* que possibilita ao usuário uma visão cartográfica do mundo. Permite a visualização de construções, ruas, fotografias dos lugares, visualização 3D. É uma ferramenta gratuita e de fácil acesso, utilizada por diferentes públicos, desde cidadãos simples até usuários habituados ao uso de SIG's (RIBAS, 2007, apud SILVA et al., 2013). O Google Earth é uma alternativa bastante simples para se obter coordenadas geográficas de pontos de controle (LIMA; PALMA; PONS, 2009).

Os pontos coletados no Google Earth estão no *Datum World Geodetic System* (1984) - WGS 84, ao inseri-los no Arc Gis, é feito uso da ferramenta *project* para reprojeter os dados no Datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000. Conforme Moraes, Silva e Barbosa (2008), os datums WGS 84 e SIRGAS 2000 são praticamente idênticos, ao nível de precisão de um centímetro, entretanto para o continente americano, este último é mais preciso servindo como um modelo de refinamento do WGS 84.

Os produtos finais das coletas de coordenadas e o uso dos *software* ArcGis e Google Earth, serão mapas abrangendo a área do município ilustrando a localização das unidades produtoras de carvão vegetal e sua proximidade com cursos hídricos, residências, prédios públicos e rodovias.

4.2 Identificação e quantificação da matéria prima utilizada

Para identificar, quantificar as matérias primas utilizadas e sua procedência, as indagações 01, 02 e 03 do formulário serão utilizadas. A questão 01 indaga qual espécie de madeira utilizada, o segundo questionamento averigua se a matéria prima é adquirida dentro do município e a questão 03 investiga a quantidade mensal utilizada pelos produtores para a produção de carvão vegetal. A partir dos dados obtidos, realizou-se comparações com as informações encontradas nas referências bibliográficas. O estudo “Análise econômico – financeira da produção de carvão vegetal no Rio Grande do Sul” de Mandail e Sima (2011) descreve que praticamente toda a produção do estado é originária de plantações de eucalipto e acácia negra. Será possível observar se no município este comportamento é seguido, se estas espécies são as mais utilizadas ou se há outras e porque a utilização de determinada espécie. A apresentação dos resultados será através de tabelas.

4.3 Avaliação da ocorrência de sintomas e doenças

As medidas adotadas para atender o objetivo avaliar a ocorrência de doenças decorrentes da atividade produtora de carvão envolvem os estudos de Hess (2008), Souza et

al. (2010) e Cannettieri (2013). Em suas pesquisas eles relacionaram a ocorrência de doenças, como rinite alérgica e sintomas como, dispneia associados ao convívio desta atividade. Aliado a estes estudos as questões 10, 11 e 12 do formulário averiguam o perfil dos funcionários, idade e sexo, o uso de tabaco e investigam a ocorrência sintomas e/ou doenças nos trabalhadores. Cabe ressaltar que não será utilizado nenhum equipamento nessa etapa, como respirometro, por exemplo. As informações serão baseadas exclusivamente nas respostas dos trabalhadores. Os resultados serão apresentados de forma descritiva e em tabelas.

4.4 Estimar as emissões atmosféricas

O lançamento de gases provenientes da produção de carvão vegetal apresentada em diversas bibliografias, com diferentes valores e algumas mais completas que as outras. Para 1 tonelada de madeira queimada utilizada na produção de carvão vegetal são lançados 0,16 ton. de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Para a geração de 1 tonelada de carvão são emitidos cerca de 1,05 ton. de CO_2 na atmosfera, visto que são necessárias 6,56 toneladas de madeira para a produção de uma 1 tonelada de carvão. Há ainda a emissão de gás metano (CH_4), aproximadamente 0,05 ton. a cada tonelada de carvão produzida (VITAL; PINTO, 2009). Para Júnior (2015), na produção de uma tonelada de carvão ocorre a emissão de 1,165 toneladas de CO_2 , 0,405 ton. de monóxido de carbono (CO), 0,03 ton. de CH_4 e 0,005 ton. de etano (C_2H_6). A **Tabela 4** apresenta os valores encontrados para os gases monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano e etano para diferentes autores, citados no referencial teórico.

Tabela 4 – Emissão de gases para a produção de uma tonelada de carvão

Fonte	CO (ton)	CO_2 (ton)	CH_4 (ton)	C_2H_6 (ton)
VITAL; PINTO (2009)		1,05	0,05	
JUNIOR (2015)	0,405	1,165	0,03	0,005

Fonte: Adaptado pela autora de Vital e Pinto (2009) e Junior (2015).

Para estimar as emissões atmosféricas geradas pelo processo de produção de carvão vegetal no município de Tabai, os dados da tabela acima serão concatenados a questão 04 do formulário, que aborda a quantidade de carvão produzido no município. Os resultados serão

apresentados em tabela, demonstrando quantas ton/mês de determinado poluente cada carvoaria emite.

4.5 Proposta para redução das emissões atmosféricas

Através da questão 09 do formulário foi possível constatar quais medidas são utilizadas ou não para a redução de emissões atmosféricas provenientes da produção de carvão vegetal. A partir de então foi realizada uma análise referente a dois sistemas que possibilitam a redução dos gases poluentes. São eles: o sistema forno fornalha e a coleta de líquido pirolenhoso. A análise destes sistemas ocorreu sobre os estudos de Cardoso et al. (2010), Oliveira et al. (2014), Campos (2007), Encarnação (2001), Santos et al. (2011), Miyasaka et al. (2006) e Gonçalves et al. (2010).

A justificativa para a implantação, no município de Tabai, de um dos sistemas apresentados neste estudo considerou aspectos econômicos, como custo de implantação, e aspectos ambientais, como redução da emissão dos gases e geração de subprodutos. As características da área estudada e dos empreendedores também foram relevantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para atender aos objetivos propostos, foi realizado um levantamento juntamente ao Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Tabaiá, onde se constatou a existência de 4 produtores de carvão vegetal licenciados pelo município, destes somente 1 está em funcionamento. Em consulta a FEPAM, estão listados quatro produtores, destes apenas um está em atividade e com licença ambiental em vigor. O conhecimento dos outros 3 empreendedores, não registrados no município e na FEPAM ocorreu através de informações obtidas com a população. Ao total, foram avaliadas 5 carvoarias, contabilizando 54 fornos e 20 entrevistados.

A **Tabela 5** apresenta o número de unidades produtoras, bem como o número de fornos e funcionários, se possuem licença ambiental, as coordenadas de localização e data das visitas realizadas. Os subsídios para os resultados apresentados a seguir são provenientes das informações coletadas *in loco* através do formulário aplicado.

Tabela 5 – Identificação das carvoarias

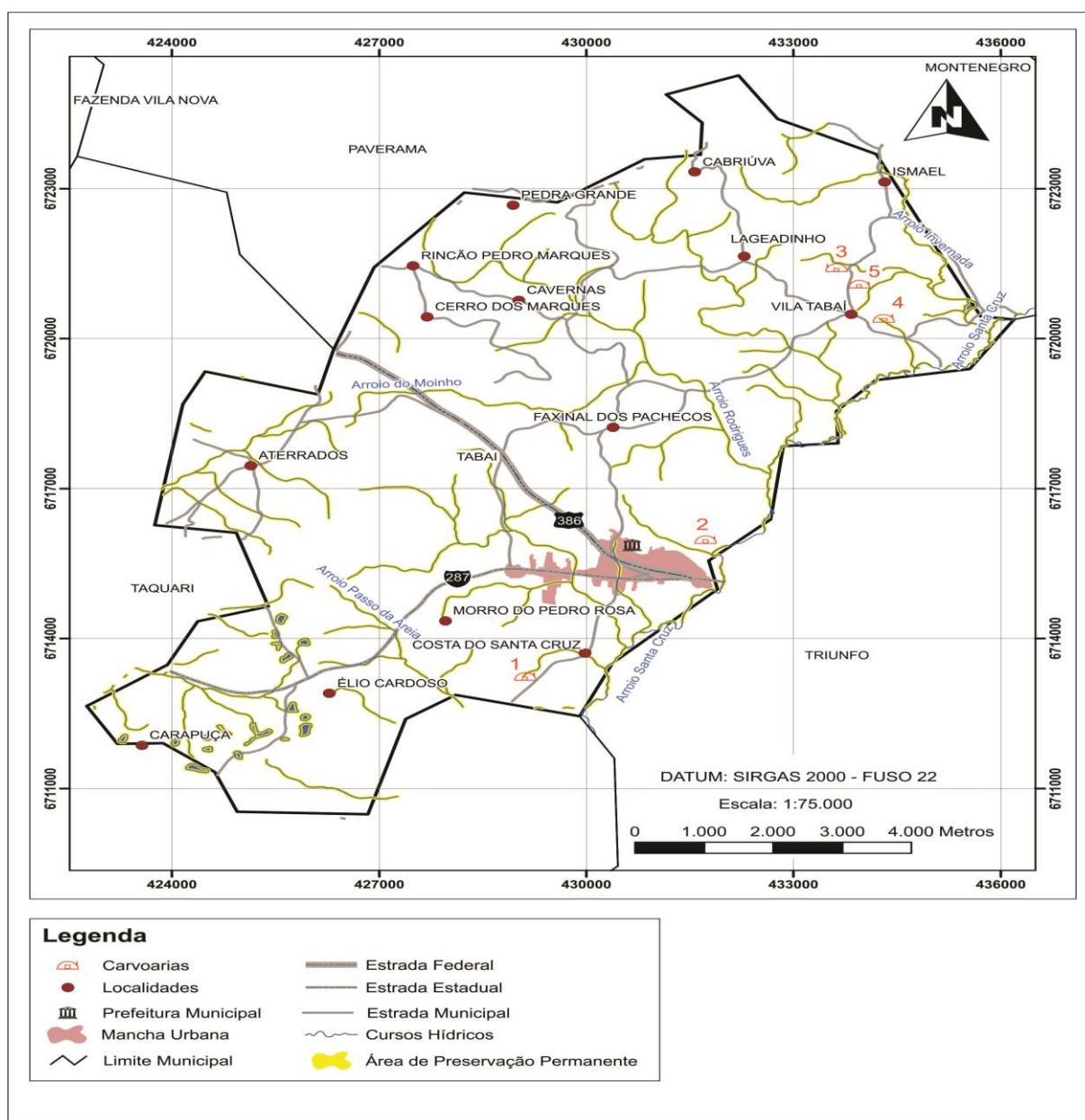
Carvoaria	Nº de fornos	Nº de funcionários	Licença Ambiental	Coordenadas (SIRGAS 2000 – UTM)	Data da visita
1	31	10	Sim	429115,61/6713240,62	01/09/2016
2	5	2	Sim	431730,62/6715980,40	27/07/2016
3	5	2	Não	433732,75/6721443,07	19/09/2016
4	8	4	N/ respondeu	434306,26/6720407,73	19/09/2016
5	5	2	Não	433952,03/6721093,05	19/09/2016

Fonte: Da autora (2016).

5.1 Localização das carvoarias no município de Tabai

Grande parte dos produtores de carvão vegetal em atividade no município de Tabai estão localizados na região nordeste, entre as localidades de Lageadinho e Vila Tabai. Entretanto, o maior número de fornos (31) está concentrado na região sul do município, na localidade Costa do Santa Cruz, próximo a divisa com Taquari. Apenas uma carvoaria está relativamente próxima a área urbana. É possível observar tais informações na **Figura 12**.

Figura 12 – Localização das carvoarias no município de Tabai – RS



A partir da localização das carvoarias e do formulário aplicado foi possível avaliar alguns critérios da Resolução CONSEMA n° 315/2016, tais como a inscrição do imóvel no CAR, distância dos fornos em relação a residências, prédios públicos, rodovias e cursos hídricos. A **Tabela 6** apresenta quais carvoarias atendem ou não a estes critérios.

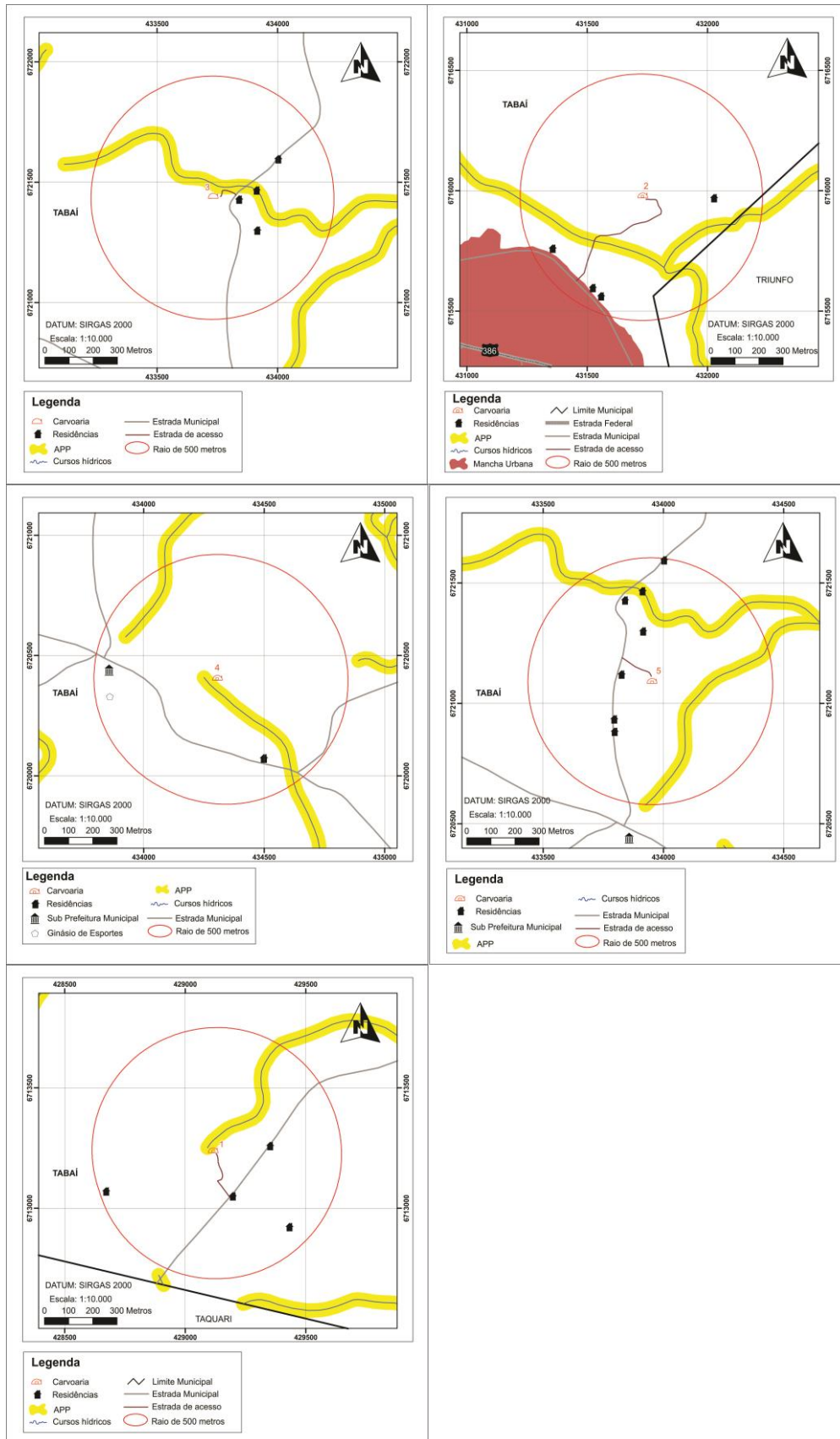
Tabela 6 – Critérios analisados referente a Resolução CONSEMA n° 315/2016

Carvoaria	Critério					
	Inscrição no CAR	Em Zona rural	Distância de 500 metros			Distância de 30 metros
			Residências	Prédios públicos	Rodovias	Cursos Hídricos
1	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
2	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
3	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
4	N/ Respondeu	Sim	Não	Não	Sim	Não
5	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Fonte: Da autora (2016).

Até a data da visita realizada nas carvoarias, constatou-se que dos 5 empreendedores, 1 não havia realizado cadastro do imóvel no CAR, 3 alegaram já ter cadastrado o imóvel e 1 empreendedor não quis responder a este questionamento. Todos os empreendimentos estão localizados em zona rural. Quanto aos critérios de distância de residências, prédio públicos, rodovias e cursos hídricos, a **Figura 13** apresenta detalhadamente a proximidade das carvoarias em relação a estes.

Figura 13 – Área de entorno às carvoarias



Fonte: Da autora (2016).

Constatou-se que os 5 empreendimentos visitados não estão em conformidade com a distância mínima de 500 metros distante de residências estipulado pela Resolução CONSEMA nº315/2016. A carvoaria “4” está a menos de 500 metros de dois prédios públicos, a Subprefeitura Municipal e o ginásio de esportes utilizado pela comunidade local. As 5 carvoarias atendem ao distanciamento mínimo de 500 metros de rodovias, aspecto relevante na área estudada, visto que o município está situado na bifurcação das rodovias RST 287 e BR 386.

Observou-se que 2 carvoarias (1 e 4) estão situadas em Área de Preservação Permanente – APP, não respeitando a distância mínima de 30 metros de qualquer curso hídrico exigida pela Resolução CONSEMA nº 315/2016. Conforme o Plano Municipal de Tabaí (2015), no município há a existência de vários arroios contribuintes do Rio Taquari. A Lei nº 12.651 de 2012, em seu Art. 3º descreve a função ambiental da APP, como a preservação de recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, e assegurar o bem-estar das populações humanas. De acordo com Rosa (2011), as áreas de preservação permanente são destinadas a preservação do ambiente natural, não sendo aptas para alterações ou uso da terra.

Cabe salientar que os empreendedores que não estão em conformidade com a distância mínima de 30 metros dos cursos hídricos, tem o prazo de 5 anos para atender a este critério da Resolução CONSEMA nº 315/2016. O período de 5 anos é contado a partir da data de publicação da Resolução no Diário Oficial, no caso a partir de 18 de maio de 2016.

5.2 Procedência, identificação e quantificação das matérias primas utilizadas

A **Tabela 7**, apresenta valores de acordo com a Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2014 (IBGE, 2015), no município de Tabaí. É possível observar que não há quantificação especificada da acácia-negra como matéria-prima utilizada na produção de carvão vegetal. Entretanto, nas carvoarias visitadas é predominante o uso desta para a produção de carvão vegetal. A **Tabela 8** identifica e quantifica as matérias primas utilizadas nas unidades produtoras visitadas.

Tabela 7 – Produtos da silvicultura em Tabaí, 2014 – Carvão vegetal

Matéria - prima	Quantidade (ton)	Valor da produção (R\$)
Eucalipto	15.354	12.219,00
Pinus	2	76,00
Outras Espécies	49.459	40.169,00

Fonte: Adaptado pela autora de Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (2014, apud IBGE, 2015).

Tabela 8 – Identificação e quantificação da matéria prima utilizada na produção de carvão vegetal em Tabaí

Carvoaria	Matéria-prima	Quantidade (m³/mês)	Município de origem
1	Acácia - negra	480	Tabaí
2	Acácia - negra	120	Tabaí
3	Acácia - negra	140	Tabaí
4	Acácia - negra	224	Tabaí
5	Acácia - negra	80	Tabaí

Fonte: Da autora (2016).

É possível observar a incoerência de dados nas Tabelas 4 e 5. De acordo com as informações de Produção da Extração Vegetal e Silvicultura, tendo como base o ano de 2014 e publicado pelo IBGE (2015), dentre as matérias primas citadas (eucalipto, pinus e outras espécies) não há especificado o uso de acácia negra para produção de carvão vegetal. Madail e Sima (2011) destacaram no estudo “ Análise econômico – financeira da produção de carvão vegetal no Rio Grande do Sul” que a produção de carvão vegetal no Estado é proveniente de eucalipto e acácia negra. Entretanto, nas visitas realizadas foi mencionado unicamente o uso da espécie acácia negra.

Esses resultados levam a crer que estudos direcionados a esta temática podem apresentar incompatibilidade de dados. Neste caso existe a necessidade de levantamento técnico em campo para confirmar os processos de produção e verificar a legitimidade de informações em esfera local.

A matéria – prima utilizada na produção de carvão vegetal, é adquirida em Tabaí, visto que a silvicultura é uma atividade bastante difundida no município. Bianchini (2015), averiguou que no Vale do Taquari as áreas com menores aptidões para a inserção de uma Unidade de Conservação seria a divisa dos municípios de Tabaí e Taquari, devido a grande presença da silvicultura e agricultura sobre o ambiente natural. De acordo com o Plano Municipal de Educação de Tabaí (2015), 51,1% da área do município é destinada ao cultivo de acácia negra e eucalipto. Apenas 4,56 % do território do município é composto por mata

nativa, entretanto constata-se a destruição destas para a introdução da agricultura ou cultivo de espécies exóticas para produção de madeira, tanino e carvão vegetal.

Constatou-se que os produtores de carvão vegetal, atuam também na silvicultura, suprimindo a própria demanda, e diminuindo custos com aquisição deste insumo. O plantio das espécies geralmente é próximo as carvoarias, otimizando o processo de produção.

Da Silva e De Farias (2015) realizaram o estudo “Análise econômica de *Acácia mearnsii* De Wild e carvão vegetal no Vale do Caí e Taquari, Rio Grande do Sul”. Constatou-se que o uso de acácia – negra para produção de carvão vegetal é economicamente viável para fornos do tipo rabo – quente (com e sem chaminé). O uso desta espécie torna-se ainda mais atrativo economicamente quando provém de produção própria para carbonização.

Outros fatores determinantes para o uso da acácia negra na produção de carvão vegetal esta relacionado ao preço de venda e qualidade do carvão vegetal . De acordo com o Informativo Conjuntural N° 1.381 (EMATER, 2016), o carvão vegetal oriundo de eucalipto custa R\$ 0,60 por kg, enquanto o mesmo produto proveniente da acácia negra vale R\$ 0,70 por kg. A acácia negra oferece melhor qualidade ao carvão vegetal para uso doméstico. Couto et al. (2014) concluiu em seu estudo que a acácia negra apresenta maior poder calorífico devido a maior massa específica, e menor teor de umidade.

5.3 Avaliação de sintomas e doenças decorrentes da atividade produtora de carvão vegetal

Durante a aplicação do formulário *in loco*, foram levantados questionamentos sobre as características dos trabalhadores, como idade, incidência de fumantes. A maioria dos trabalhadores é do sexo masculino, havendo presença de menores de idade. A experiência dos trabalhadores na atividade é bastante variável, alguns atuam esporadicamente, ou seja, encaram como um ofício aleatório, e há quem trabalhe na produção de carvão vegetal há 30 anos. A **Tabela 9** apresenta estes dados.

Tabela 9 – Caracterização dos trabalhadores na produção de carvão vegetal

Variáveis	Trabalhadores (n = 20)
Mulheres	02 (10%)
Homens	18 (90%)
Idade (anos)	16 a 61
Menor de idade	03 (15%)
Fumantes	6 (30%)
Ex fumantes	2 (10%)
Não fumantes	8 (40%)
Não responderam se são tabagistas	4 (20%)
Uso de EPI's	0
Tempo de profissão	6 meses a 30 anos

Fonte: Da autora (2016).

Em uma das cinco carvoarias visitadas, os entrevistados não foram receptivos. Embora cientes de que a entrevista serviria apenas como subsídio para este estudo, ficaram com receio de ser uma possível fiscalização, não respondendo a todas as questões do formulário, não colaborando integralmente com a pesquisa.

Além das características dos trabalhadores, observaram-se as condições de trabalho nas carvoarias. Os funcionários ficam expostos aos gases oriundos da carbonização durante a jornada de trabalho, e muitas vezes fazem excessivo esforço físico, como demonstra a **Figura 14**. Constatou-se que não há uso de Equipamentos de Proteção Individual- EPI's, a **Figura 15** apresenta um trabalhador sem uso de EPI.

Figura 14 – Esforço físico realizado por trabalhadores



Fonte: Da autora (2016).

Figura 15 – Trabalhador sem uso de EPI's



Fonte: Da autora (2016).

Quanto aos sintomas e doenças respiratórios possivelmente relacionados à produção de carvão vegetal, foram relatados, espirro, tosse, catarro e rinite alérgica. É importante ressaltar que os indivíduos que apresentaram rinite trabalham nesta atividade há mais de 20 anos e são ex tabagistas. O indivíduo que apresenta espirro, tosse e catarro é fumante. Souza et al. (2009) conclui em seu estudo que durante a jornada de trabalho indivíduos tabagistas e ex tabagistas apresentam mais prurido nasal tosse, obstrução nasal e sibilância quando comparados aos que nunca fizeram uso do tabaco. A **Tabela 10** apresenta as manifestações respiratórias constatadas.

Tabela 10 – Manifestações respiratórias das vias aéreas superiores e das vias aéreas inferiores

Manifestações	n (%)	Fumantes	Ex fumantes	Não fumantes
Vias aéreas superiores				
Espirro	1 (5%)	1 (5%)		
Secreção nasal	1 (5%)			
Vias aéreas inferiores				
Tosse	1 (5%)			
Expectoração	1 (5%)			
Dispneia				
Doenças				
Rinite ocupacional				
Rinite alérgica	2 (10%)		2 (10%)	
Asma brônquica				
Asma ocupacional				
Brônquite crônica				
Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)				

Fonte: Da autora (2016).

Algumas circunstâncias nesta atividade propiciam a inserção precoce de crianças no trabalho. Como, quando vários integrantes de uma mesma família operam em uma mesma carvoaria, ou quando a produção é familiar. Houve relato de um trabalhador que iniciou aos 7 anos, atualmente com 29 anos segue na produção de carvão vegetal. O Decreto 6.481 de 12 junho de 2008 trás uma lista das piores formas de trabalhos infantil, na atividade Indústria de Transformação, esta inclusa a produção de carvão vegetal. Para Dias et al. (2002), nestas situações é preciso a fiscalização e punição dos infratores da lei e subsídios por parte do governo que possibilitem as famílias carentes liberarem as crianças para o estudo e outras perspectivas de vida.

Os poucos relatos de incidência e sintomas respiratórios pode estar relacionado ao fato de que das 5 carvoarias visitadas, apenas 1 não é familiar. É possível que os pequenos produtores ignorem os sintomas ou até mesmo evitem expor aspectos negativos da produção de carvão vegetal. Os entrevistados que alegaram algum sintoma/doença são funcionários e não produtores.

5.4 Estimativa de emissão de gases poluentes e proposta de redução das emissões atmosféricas

Os gases não condensáveis provenientes da produção de carvão vegetal são dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e etano (C_2H_6). Conforme os valores apresentados por Junior (2015), estima-se que mensalmente sejam emitidos cerca de 49,41 toneladas de monóxido de carbono, 142,41 toneladas de dióxido de carbono, 3,66 toneladas de metano e 0,61 toneladas de etano. A **Tabela 11** apresenta a estimativa mensal de gases emitidos pela produção de carvão vegetal nas 5 carvoarias visitadas para diferentes autores.

Tabela 11 – Estimativa da emissão de gases (ton/mês) provenientes da produção vegetal no município de Tabai

Carvoaria	Produção de carvão vegetal (ton/mês)	Junior (2015)				Vital; Pinto (2009)	
		CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	CH ₄
1	60	24,30	69,90	1,80	0,30	63	3
2	30	12,15	34,95	0,90	0,15	31,5	1,5
3	03	01,25	03,49	0,09	0,015	3,15	0,15
4	20	08,10	23,30	0,60	0,10	21	1
5	09	03,64	10,48	0,27	0,045	9,45	0,45

Fonte: Da autora (2016).

A Tabela 10 apresenta ainda a quantidade de carvão vegetal produzido em Tabai. Mensalmente são produzidas 122 toneladas, totalizando 1,464 toneladas anuais. Este valor esta em consonância aos estudos “Análise econômico – financeira da produção de carvão vegetal no Rio Grande do Sul” de Madail e Sima (2011) e a Figura 1 - Produção de carvão vegetal proveniente da silvicultura no RS (IBGE, 2011), que destacam os municípios com maior produção de carvão vegetal e produção acima de 1000 toneladas anuais no Rio Grande do Sul,.

No município de Tabai atualmente as únicas medidas adotadas para reduzir a emissão dos gases provenientes da produção de carvão vegetal é o uso das chaminés e a presença de cortina vegetal, apresentados na **Figura 16**. Na **Tabela 12** é possível verificar quais carvoarias utilizam medidas que minimizam a emissão destes gases.

Figura 16 – Uso de chaminé e presença de cortina vegetal



Fonte: Da autora (2016).

Tabela 12 – Medidas adotadas para redução da emissão de gases

Carvoaria	Uso de chaminé	Presença de cortina vegetal
1	Sim	Sim
2	Sim	Sim
3	Sim	Sim
4	Sim	Sim
5	Não	Sim

Fonte: Da autora (2016).

Constatou-se que uma carvoaria não faz uso de chaminés em seus fornos, tal situação é demonstrada na **Figura 17**. O uso de chaminés e cortina vegetal é listado como um dos critérios para o licenciamento da atividade, conforme a Resolução CONSEMA n° 315/2016.

De acordo com esta resolução, os empreendimentos em operação tem prazo de dois anos para adotar essas providências.

Figura 17 – Fornos sem chaminé



Fonte: Da autora (2016).

Conforme Encarnação (2001), mesmo com o uso de chaminés e presença de cortina vegetal, os impactos ambientais provenientes das emissões atmosféricas são bastante altos, principalmente nos vales e em determinadas épocas do ano, como no inverno. Conforme o Plano Municipal de Educação (2015), no interior do município de Tabaí percebe-se a poluição do ar através da fumaça emitida pela queima de carvão. A **Figura 18** demonstra uma chaminé por onde ocorre o extravasamento de líquido oriundo da carbonização diretamente sobre o solo. É possível observar que somente o uso de chaminés e cortina vegetal não é suficiente. Portanto, é de suma importância a busca por alternativas que proporcionem melhorias na produção de carvão vegetal.

Figura 18 – Extravasamento de líquido na chaminé



Fonte: Da autora (2016).

A **Tabela 13** apresenta a análise realizada sobre as duas propostas de redução das emissões atmosféricas avaliadas neste estudo, o sistema forno fornalha e a coleta do líquido pirolenhoso.

Tabela 13 – Avaliação do sistema forno fornalha e coleta de líquido pirolenhoso

Critério	Forno fornalha	Coleta de líquido pirolenhoso
Custo de implantação	Alto	Baixo
Rendimento gravimétrico	28,70% - 33%	30%
Redução das emissões atmosféricas	CH ₄ 96% e CO 93%	50%
Reaproveitamento de subprodutos	Não	Sim
Agrega valor a produção	Não	Sim

Fonte: Da autora (2016).

É possível observar que o sistema forno fornalha é mais eficiente na redução da emissão de gases, os valores de CO e CH₄ são reduzidos em 93 e 96% respectivamente. Em contra partida, a coleta de líquido pirolenhoso reduz a emissão da fumaça em 50% com baixíssimo custo de implantação, visto que carece apenas de alguns canos de PVC, um recipiente para coleta do líquido e simples adaptações nos fornos já existentes, a condensação dos gases ocorre sem o uso de equipamentos, diminuindo custos. A coleta de líquido pirolenhoso permite o aproveitamento de subprodutos oriundos da carbonização, podendo ser utilizado pelo empreendedor em seus próprios cultivos ou para comercialização. Já o sistema forno fornalha de acordo com os estudos de Cardoso et al. (2010) e Oliveira et al. (2014) tem custo de implantação de aproximadamente R\$ 3.600,00 e não promove a geração de subprodutos.

Ao comparar as duas propostas de sistema de reduções atmosféricas, forno fornalha e coleta do líquido pirolenhoso, constatou-se que o experimento de Cardoso et al. (2010) e Oliveira et al. (2014) apresentaram significativa eficiência na redução dos gases que contribuem para o efeito estufa. Entretanto, apresenta um elevado custo de implantação se comparado aos fornos do tipo “rabo-quente”, tradicionalmente utilizados no município de Tabaiá. Portanto, a proposta mais adequada à área estudada e ao perfil dos empreendedores, pequenos produtores em sua maioria, seria a implantação da coleta do líquido pirolenhoso, através de baixo investimento e simples adaptações nos fornos já existentes.

Conforme Schnitzer (2009), o líquido pirolenhoso propriamente dito, pode ser vendido a R\$ 6,00/litro, gerando renda através de baixo impacto ambiental, visto que os elementos poluentes da fumaça são condensados, não sendo dispersos na atmosfera.

6 CONCLUSÃO

Através deste estudo conclui-se que a produção de carvão vegetal em Tabaí realmente é significativa, pois contribui para economia do município, fomenta a agricultura familiar e gera empregos.

Constatou-se que a produção de carvão vegetal concentra-se em zona rural, porém não é distribuída por todo o município, mas sim concentrada em duas regiões específicas, sudeste e nordeste. Averiguou-se que nenhuma das 5 carvoarias atendeu na integralidade aos critérios analisados da Resolução CONSEMA n° 315/2016.

Quanto a ocorrências de sintomas e/ou doenças possivelmente vinculadas à produção de carvão vegetal, foram constatados alguns relatos. Nas carvoarias observou-se que os trabalhadores realizam intenso esforço físico, ficam expostos aos gases oriundos dos fornos, sendo preciso à adoção de Equipamentos de Proteção Individual – EPI, situação que atualmente não ocorre.

Atualmente, as medidas adotadas pelos empreendedores para a redução destes gases poluentes não são efetivas. Portanto, é indispensável à implantação de sistemas que auxiliem a minimizar os impactos provenientes desta atividade, como a condensação de gases que permite a coleta do líquido pirolenhoso, um subproduto que agrega valor a produção de carvão vegetal.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Emilian Bastos de. **Gases de efeito estufa produzidos pela combustão de biomassa**. 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/106403>>. Acesso em 30 abr. 2016.

BARBOSA, R. R. N. et al. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Centro Científico Conhecer. Goiânia, Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, N.16; p. 1783, 2013. Disponível em: <[ttp://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/producao%20e%20sequestro.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/producao%20e%20sequestro.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2016.

BARRETO, Luciano Vieira; FREITAS, Andréia Cristina Santos; PAIVA, Lígia Cardoso. Sequestro de carbono. **Centro Científico Conhecer. Goiânia, Enciclopédia Biosfera**, n. 7, 2009.

BEN. **Balanco Energético Nacional**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <http://www.ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BIANCHINI, C. D. **Determinação de áreas mais indicadas para implantação de unidade de conservação no Vale do Taquari-RS**. 2016. 133 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental)–Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/993/1/2015ClebertonDiegoBianchini.pdf>> Acesso em: 10 out. 2016.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. Influência da época de colheita e da estocagem na composição química da biomassa florestal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 66 – 78, jan./mar. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.008>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

BRASIL. Decreto nº 6.481 de 12 de junho de 2008. Regulamenta os artigos 3º, alínea “d”, e 4º da Convenção 182 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) que trata da proibição das piores formas de trabalho infantil e ação imediata para sua eliminação, aprovada pelo Decreto Legislativo nº 178, de 14 de dezembro de 1999, e promulgada pelo Decreto nº 3.597, de 12 de setembro de 2000, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6481.htm>. Acesso em: 20 out. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 12 abr. 2016.

BRASIL. Lei nº 6938 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 12 mai. 2016.

BRASIL. Lei nº 8.028/90 de 12 de abril de 1990. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8028.htm>. Acesso em: 08 mai. 2016.

BRITO, J. O. Desafios e perspectivas da produção e comercialização do carvão vegetal. 2010. In: Fórum Nacional Sobre Carvão Vegetal, 2. **Anais...**, Sete Lagoas, 2010. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_opportunidades_vegetal_31686.pdf>. Acesso em 01 abr. 2016

BRITO, José Otávio; BARRICHELO, Luiz Ernesto George. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia. **IPEF Série Técnica**, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 1-25, mar. 1981. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/carvaovegetal3_000g7dup2ob02wx5ok0wtedt3oik6pqb.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2 a ed. rev. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br>>. Acesso em: 07 set. 2016.

CAMPOS, A.D. **Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola. Pelotas – RS.** Pelotas: Embrapa/Ministério da Agricultura e Pecuária, 2007. Disponível em: <portal.mda.gov.br/o/900298>. Acesso em: 05 mai. 2016.

CANETTIERI, Thiago et al. A atividade de carvoejamento e o risco a saúde da população de Rancho Novo, Caeté-MG. **Revista Pegada**, v. 14, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/viewArticle/1027>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética.** 2012. 112 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monopoli10005044.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

CARDOSO, M. T. **Desempenho de um sistema de forno-fornalha para combustão de gases na carbonização de madeira.** 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2010. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3033/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 out. 2016

CARDOSO, M. T. et al. Construção de um sistema de queima de gases da carbonização para redução da emissão de poluentes. **Cerne, Lavras**, v. 16, p. 115-124. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br/ebamem/Artigo%2016.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CARNEIRO, A.C.O. et. al. **Estudo da viabilidade técnica e econômica da produção de carvão vegetal em fornos circulares com baixa emissão de poluentes.** Viçosa: CEPEA/ESALQ, 2012. Disponível em: <https://abccapacitacao.files.wordpress.com/2012/11/silvicultura_estudo-de-viabilidade-economica-abc_31out2012.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2016.

CARRIERI-SOUZA, Marina et al. Cadeias produtivas do carvão vegetal na agricultura familiar no sul do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 31, 2014. Disponível em: <http://www.redesulflorestal.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Anexo19_CarrieriCadeias.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de gestão da qualidade do ar:** Abordagem preventiva e corretiva. 2010. 269 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/paulina_maria.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

CEMIN, D. S. **Desenvolvimento de um Forno para Carbonização de Resíduos Agroflorestais em Pequena Escala**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/8160/1/2010_DanieladaSilveiraCemin_completa.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

CENBIO. Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Carvão vegetal**: Aspectos técnicos, sociais, ambientais e econômicos. Nota técnica da disciplina ENE5726: Biomassa como fonte de energia – conversão e utilização. São Paulo: IEE/USP, 2008.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (BRASIL). **Modernização da Produção de Carvão Vegetal no Brasil**: Subsídios para a revisão do Plano Siderurgia. Brasília: CGEE, 2015.

CHEMIN, B. F. Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <<http://www.univates.br/biblioteca>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 30 abr. 2016.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n° 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 16 abr. de 2016.

CONSEMA. Conselho Estadual De Meio Ambiente. Resolução 288, de 02 de outubro de 2014. Atualiza e define as tipologias, que causam ou que possam causar impacto de âmbito local, para o exercício da competência Municipal para o licenciamento ambiental, no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Consema%20288-2014.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2016.

CONSEMA. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução n° 315, de 18 de maio de 2016. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONSEMA%20n%C2%BA%20315-estabelece%20crit%C3%A9rios%20licenciamento%20ativida%20produ%C3%A7%C3%A3o%20carv%C3%A3o%20vegetal%20em%20fornos%20e%20da%20outras%20provid%C3%Aancias.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2016.

COUTO, C. et al. **Estimativa do poder calorífico de madeiras de *Acacia measrnsii* e *Eucalyptus grandis***. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenheiro Ambiental e Sanitarista) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2014/10/TCC-CAROLINA-COUTO.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

DA SILVA, F. C. L.; DE FARIAS, J. A. Análise econômica da produção de *Acácia mearnsii* De Wild e carvão vegetal no Vale do Caí e Taquari, Rio Grande do Sul. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7, p. 927–932, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v45n5/0103-8478-cr-45-05-00927.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2016.

DE OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches et al. Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 87-99, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a06v20n1>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

DIAS, E. A. et al. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 269–277, jan/fev, 2002. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/csp/v18n1/8163.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2016.

DOS SANTOS, Marcelo Elias et al. Coleta de extrato irolenhoso na indústria carvoeira. **Revista de Estudos Sociais**, v. 13, n. 25, p. 22-30, 2011. Acesso em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4162733>>. Acesso em: 15 out. 2016.

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Governo. **Informativo Conjuntural**. nº 1.381, 21 de janeiro de 2016. EMATER-RS. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_21012016.pdf>. Acesso em 18 out. 2016.

ENCARNAÇÃO, Fábio. Redução do impacto ambiental na produção de carvão vegetal e obtenção do ácido pirolenhoso como alternativa para proteção de plantas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 4, 2001. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4fc63c1704ef9.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

FÁVERO, G. C.; VALLE, R. M.; DUARTE, T. M. Análise térmica de um sistema de combustão de alcatrão em fornos retangulares para secagem da madeira. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA, 8. **Anais...**, Peru: PUCP, 2007, 343 – 347. Disponível em: <<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-09.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

FERNANDES, Agnelo dos Milagres. **Análise da produção de madeira para o fornecimento sustentável de energia doméstica aos centros urbanos de Moçambique**. 2014. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36055>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. Comportamento da madeira a temperatura elevadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157 – 174, out./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/9547/7050>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

FREITAS, S.R.; TAMBOSI, L.; RIBEIRO, M. C. **Introdução às ferramentas de geoprocessamento para ecologia de paisagens**. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 2008. Disponível em: <<http://www.geocities.com/simonerfreitas>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009

GONÇALVES, Fabricio G. et al. Captação de líquido pirolenhoso da carbonização da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em forno rabo quente. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1190/119016982013.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2016.

HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul-escala 1: 50.000**. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, v. 1, 2010.

HESS, Sônia. Riscos à saúde do trabalhador na produção de carvão vegetal em carvoarias no Brasil. **Rios Vivos**, 2008. Disponível em: <<http://www.riosvivos.org.br/arquivos/1357514940.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

HINRICHS, R. A; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. dos. Energia e meio ambiente. In: _____. **Poluição do ar e uso de energia**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBA: Indústria Brasileira de Árvores. 2015. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em 15 mar 2016

IMÃNA, Christian Rainier et al. A tributação na produção de carvão vegetal. **CERNE**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 9-16, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/744/74433488002.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

ISBAEX, C. **Influência da Densidade do Carvão Vegetal na Produção de Silício Metálico**. 2014. 58 f. Dissertação (Pós Graduação em Ciência Florestal) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3167/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 17 mar. 2016.

JUNIOR, A. F. D. et al. Estimativa de risco de apodrecimento da madeira sem contato com solo para Pelotas-RS-Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 8. **Anais...** Recife: UFRP, 2014.

JUNIOR, F. N. Análise dos Processos de Produção de Carvão Vegetal no Brasil Frente aos Princípios de Ecoeficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5. **Anais...** Ponta Grossa: APREPRO, 2015.

LACERDA, J. M. F. Uso do geoprocessamento na expansão urbana: o caso das comunidades subnormais do município de Bayeux – PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010, Recife – PE. **Anais eletrônicos...** Recife, 2010. Disponível em: <www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaseSIG/SIG/A_27.pdf>. Acesso em 05 maio 2016.

LIMA, T.C.S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Rev. Katál.** Forianópolis, v. 10 n. esp. p. 37 – 45, 2007.

LUCENA, Leandro Pessoa et al. A demanda por carvão vegetal e suas consequências econômicas sobre o agronegócio do eucalipto no Brasil. **Revista de Estudos Sociais**, v. 13, n. 25, p. 158-172, 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/Tha%C3%ADs%20Rodrigues/Downloads/270-5231-1-PB.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

MACHADO, G. H. et al. Montagem e caracterização de um forno piloto para a produção e recuperação do extrato pirolenhoso proveniente da carbonização da madeira. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2930, 2013. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/engenharias/montagem%20e%20caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2016.

MANDAIL, J. C. M.; SIMA, L. F. Análise econômico- financeira da produção de carvão vegetal no Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico**, Pelotas, dez. 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79849/1/comunicado-264.pdf>>. Acesso em 24 abr. 2016.

MARTINS, C. A.; OLIVEIRA, A. M.; BERNARDES, C. R. Geoprocessamento como instrumento do código florestal em área de extração de carvão vegetal no Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul. **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p. 470 – 479, 2009. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2009/cd/p49.pdf>>. Acesso em 23 maio de 2016.

MARTINS, C. A.; OLIVEIRA, A. M.; BERNARDES, C. R. Geoprocessamento como instrumento do código florestal em área de extração de carvão vegetal no Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANA, 2. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 470-479. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2009/cd/p49.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

MINETTE, L. J. et al. Avaliação da carga de trabalho físico e análise biomecânica de trabalhadores da carbonização em fornos tipo “rabo-quente”. 2007. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 853-858, 2007. Disponível em: <[pires=1479626082&Signature=PD59jtxj2BwEjqy7BXro%2FIJxAko%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DEvaluation_of_the_physical_work_load_and.pdf](https://www.scielo.br/revista-arvore/pdfs/pires=1479626082&Signature=PD59jtxj2BwEjqy7BXro%2FIJxAko%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DEvaluation_of_the_physical_work_load_and.pdf)>. Acesso em: 06 abr. 2016.

MIURA, Adalberto K. et al. Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 607-620, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000300020>. Acesso em: 20 mai. 2016

MIYASAKA, S. et al. **Derivados de carvão vegetal, extrato pirolenhoso e fino de carvão na agricultura natural**. São Paulo, 2006. Apostila.

MOTA, F. C. M. **Análise da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal Oriundo de *Eucalyptus* sp. no Brasil**. 2013. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13240/1/2013_FabriciaConceicaoMenezMota.pdf>. Acesso em 01 abr 2016.

MOURA, A. P.; CAMPOS, J. E.; MAGALHÃES, S. R. Melhoria da qualidade de serviço na produção de carvão no setor de carbonização: um estudo de caso. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Betim, MG, v. 8, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5892/ruvrv.2010.81.1926>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

NETO, M. P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J.B. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da caatinga. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.051313>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

NKUNDUMUKIZA, Maricleide Nogueira. **A Queima de biomassa e os problemas de saúde dos habitantes do distrito de braço do rio (Município de Conceição da Barra – ES)**. 2009. 143 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009. Disponível em:

<http://www.geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/m_maricleide.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

OLIVEIRA, A. C. et al. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 557-566, 2013.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622013000300019&script=sci_abstract&tlng=pt>.

Acesso em: 28 abr. 2016.

OLIVEIRA, A. C. et al. Viabilidade econômica da produção de carvão vegetal em dois sistemas produtivos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 143 – 152, jan./mar. 2014.

Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/32043>>. Acesso em: 01 abr 2016.

OLIVEIRA, A. C. **Sistema Forno-Fornalha para Produção de Carvão Vegetal**. 2012. 74 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012. Disponível em:

<http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3348/dissertacao_%20Aylson%20Costa%20Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 abr. 2016.

OLIVEIRA, R. L. M. **Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. Disponível em:

<<http://penelope.dr.ufu.br/bitstream/123456789/55/1/InstrumentacaoAnaliseTermica.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

PINHEIRO, P. C. C. et al. Organização da produção do carvão vegetal em fornos de alvenaria. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 3, p. 253-258, 2005. Disponível em:

<<http://www.abcm.org.br/anais/encit/2006/arquivos/Energy/CIT06-0942.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

PLANO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE TABAÍ, 2015. Disponível em:

<<http://www.tabai.rs.gov.br/portal/media/publicacoes/pme/PME-Tabai-2.0.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TABAÍ. **Conheça o município**. 2016. Disponível em:

<<http://www.tabai.rs.gov.br/municipio/conheca>>. Acesso em: 03 maio 2016.

RAAD, T.J. Produtos derivados da produção de carvão vegetal – uma nova visão. **Revista Opiniões**, p. 49, jun/ago 2008. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=663457&biblioteca=vazio&busca=%20Produtos%20derivados%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20carv%C3%A3o%20vegetal%20%E2%80%93&qFacets=%20Produtos%20derivados%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20carv%C3%A3o%20vegetal%20%E2%80%93&sort=&paginaao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em 28 mar. 2016.

REIS, A. A. et al. Efeito de local e espaçamento na qualidade do carvão vegetal de um clone de *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro v. 19, n. 4, p. 497-505, out./dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.055>>. Acesso em 20 abr. 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Secretária da Saúde e do Meio Ambiente. **Portaria nº 03/95 de 27 de janeiro de 1995**. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Portaria%203_1995_SSMA_Aprova%20Norma%20Tec%202002_1995_crit%20e%20proced_localiza%C3%A7ao%20fornos%20carvao%20veg.pdf> Acesso em: 20 mai. de 2016.

ROCHA, J.D. et al. The demonstration fast pyrolysis plant to biomass conversion in Brazil. In: WORLD RENEWABLE ENERGY CONGRESS, 7. **Anais...**, Colônia, 2002.

SABLOWSKI, A. R. M. **Balanço de materiais na gestão ambiental da cadeia produtiva do carvão vegetal para produção de ferro gusa em Minas Gerais**. 2008. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF 2008.

SALATI, E. **Emissão x seqüestro de CO₂** – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: Anais do Seminário emissão x sequestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil; 1994; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CVRD; 1994. p. 15-37. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2009/sequestro.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

SANTOS, S. de F. de O. M.; HATAKEYAMA, Kazuo. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. **Produção**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 309 – 321, mar./abr. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000010>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

SANTOS, S.F.O.M. **Produção de carvão vegetal em cilindros metálicos verticais: alguns aspectos referentes à sustentabilidade**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/72/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

SCHNITZER, J. A. **Extrato pirolenhoso no cultivo de orquídeas**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp086513.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2016.

SENA, Marcelo Monteiro Fonseca et al. Potencialidades do extrato pirolenhoso: práticas de caracterização. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, p. 41-44, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/13808>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

SILVA, Danielly Ferreira; LIMA, Gustavo Ferreira. Empresas e meio ambiente: contribuições da legislação ambiental. **INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar**, v. 10, n. 2, p. 334-359, 2013. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5175756>>. Acesso em: 07 mai. 2016.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SILVA, Luciene Regina Pinheiro da et. al. **Risco de exposição e a saúde do trabalhador em uma carvoaria no município de Sinop/MT**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.

SILVA, Vanessa Cecília Benavides; MACHADO, Patrícia de Sá. **Iniciando no ArcGis**. Belo Horizonte: Centro Universitário de Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35494165/apostila-arccgis-prof-patricia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1479654982&Signature=9Ziz3DxVZX6oy%2Bv4ArYjak4yIto%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCurso_de_Geografia_e_Analise_Ambiental_D.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2016.

SOUZA, Rafael Machado et al. Sintomas respiratórios em trabalhadores de carvoarias nos municípios de Lindolfo Collor, Ivoti e Presidente Lucena, RS. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 36, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/detalhe_artigo.asp?id=1567>. Acesso em: 15 mai. 2016.

TACCINI, M. M. **Estudo das metodologias da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, referentes à emissões de gases de efeito estufa na produção de carvão vegetal**. 2010. 87 f. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008. Disponível em: <http://143.107.4.241/download/publicacoes/v14n02_o-uso-de-carvao-vegetal-na-industria-siderurgica-brasileira-e-o-impacto-sobre-as-mudancas-climaticas.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2016.

VERDUM, R.; MEDEIROS, R. M. V. (Orgs). **RIMA**: relatório de impacto ambiental: legislação, elaboração e resultados. 5 ed. Ver. Ampl. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

VITAL, Marcos Henrique Figueiredo; PINTO, Marco Aurélio Cabral. Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 30, p. 237-297, 2009. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3006.pdf>. Acesso em: 31 out. 2016.

APÊNDICE A – Formulário aplicado aos trabalhadores da produção de carvão vegetal no município de Tabaí

Coordenadas da carvoaria:

1 – Qual a principal matéria prima utilizada na produção de carvão vegetal?

☐ Acácia ☐ Eucalipto ☐ Outra. Qual? _____

2 – A matéria prima é adquirida dentro do próprio município?

☐ Sim ☐ Não.

3 – Quantidade (m³) de matéria prima utilizada mensalmente?

4 – Qual a produção mensal de carvão vegetal?

5 – Quantos fornos possui a carvoaria?

6 – Quantas pessoas trabalham na atividade?

7 – O empreendimento possui licença ambiental?

☐ Sim ☐ Não

8 – O imóvel possui inscrição no CAR?

☐ Sim ☐ Não

9 – Alguma medida tomada para redução da emissão de fumaças oriundas dos fornos?

☐ Sim. Qual? _____ ☐ Não

10 – Idade do trabalhador? Sexo (Feminino) (Masculino)

11 – Faz uso de tabaco? Ou é ex tabagista?

12 – Entre os trabalhadores, algum deles apresenta sintomas ou doenças como:

☐ Espirro ☐ Secreção nasal ☐ Tosse

☐ Expectoração ☐ Dispneia

☐ Rinite ocupacional ☐ Rinite alérgica ☐ Asma brônquica ☐ Asma ocupacional

☐ Brônquite crônica ☐ Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09